

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných
lokalitách Moravskoslezského kraje**

bakalářská práce

Autor:

Renata Minaríková

Vedoucí práce:

prof. Ing. Helena Raclavská CSc.

Ostrava 2015

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of Mining and Geology

Institute of Environmental Engineering

**Mineralogical and chemical composition of particulate
matter in Moravian-Silesian Region**

bachelor's thesis

Author:

Renata Minaríková

Supervisor:

prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Renata Minaríková**

Studijní program: B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904R005 Environmentální inženýrství

Téma: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách
Moravskoslezského kraje
Mineralogical and chemical composition of particulate matter in
Moravian-Silesian Region

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Charakteristika území
3. Atmosférická depozice polévatého prachu (PM – Particulate Matter)
 - 3.1 Systém sledování v ČR
 - 3.2 Metody odběry vzorů
 - 3.3 Metody mineralogické a chemické analýzy
4. Vliv srážek na depozici
5. Výsledky mineralogické rozboru
 - 5.1 Identifikace přítomných minerálních fází – význam, geneze
 - 5.2 Porovnání výskytu minerálních fází v závislosti na vzorkovaném období
6. Elektronová scanovací mikroskopie (SEM) a chemická analýza částic (EDX)
7. Vyhodnocení
8. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Čupr P., Flegrová Z., Franců J., Landlová L., Klánová J. (2013): Mineralogical, chemical and toxicological characterization of urban air particles. Environment International. 54, 26–34

Havlíček D., Přibíl R., Dubovský O., Dobiášová L., Sedláček P. (2000): Chemical and mineralogical composition of solid fraction of ambient aerosol at different levels (Kopisty near Most, NW Bohemia). Atmospheric Environment. 34, 3237- 3244

Hůnová I., Hesoun R., Kurfürst P., Ostatnická J., Stoklasová P. Kapitola III. Atmosférická depozice na území České republiky v ročence ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2012

Český hydrometeorologický ústav - Úsek ochrany čistoty ovzduší, ČHMI 2013.
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr12cz/autor.html>

Jančík P. (2013): Atlas ostravského ovzduší. VŠB-TU Ostrava, 1-66.

http://www.air-silesia.eu/files/file/air_silesia/raport/vsb_atlas_ov_ovzdusi_.pdf

Knozová G., Skeřil R. (2011): Koncentrace tuhých částic v ovzduší v bezsrážkových epizodách. In. Sb.: Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředích. Skalní Mlýn, 2.-4.2,2011, ISBN 978-80-86690-87-2

Lettino A., Fiore S. (2013): Provenance of inorganic aerosol using single-particle analysis: A case study. Science of the Total Environment. 463–464, 404–413

Song X., Shao L., Zheng Q., Yang S. (2014): Mineralogical and geochemical composition of particulate matter (PM₁₀) in coal and non-coal industrial cities of Henan Province, North China. Atmospheric Research. 143, 462–472

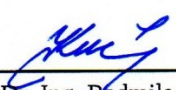
Querol X., Alastuey A.S., Soler L. A., Mantillai E., Plana F. (1996): Mineral composition of atmospheric particulates around a large coal-fired power station. Atmospheric Environment. Vol 30, No. 21, pp. 3557-3572.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

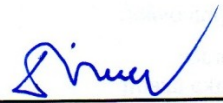
Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Helena Raclavská, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu





prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh jsem vypracoval (a) samostatně a uvedl (a) jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl (a) jsem seznámena, že na moji bakalářskou práci se vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o bakalářské práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne: 30. 4. 2015

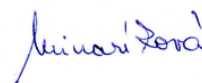


Renata Minaríková

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracovala samostatně. Použité literární a ostatní prameny, ze kterých jsem čerpala, cituji a uvádím v seznamu literatury.

V Ostravě dne: 30. 4. 2015



Renata Minaríková

Poděkování

Moc děkuji všem, kteří mi pomohli při tvorbě této bakalářské práce. Především bych chtěla poděkovat prof. Ing. Heleně Raclavské CSc., za odborné vedení při psaní této práce. Hlavně za její cenné rady, za poskytnutí odborných materiálů a také za její trpělivost a pomoc. Také bych chtěla poděkovat Ing. Silvii Bieleškové za zpracování laboratorních vzorků.

Anotace

Tato bakalářská práce se zaměřuje na celkovou prašnou depozici Moravskoslezského kraje. Úvodní část práce je věnována Moravskoslezskému kraji, jeho charakteristice, průmyslu, klimatickým a meteorologickým podmínkám. Popisuje také vybrané lokality, určené ke sledování celkové prašné depozice. Ve většině případů jsou to lokality s vysokým stupněm znečištění, které je zapříčiněno blízkou přítomností velkých průmyslových komplexů. Další kapitola se zabývá atmosférickou depozicí, kde jsou popsány hlavní složky celkové prašné depozice a také PM_{10} . Dále pak následuje metodika odběrů vzorků, na to navazují metody mineralogické a chemické analýzy. V závěru práce jsou zpracovány všechny získané údaje z odebraných vzorků celkové prašné depozice (minerální fáze, hlavní ionty a přítomnost řas).

Klíčová slova: celková prašná depozice, prašný aerosol, Moravskoslezský kraj, znečištění ovzduší, mineralogická a chemická analýza

Summary

This bachelor thesis focuses on the total suspended particles of the Moravian-Silesian Region. The first part is devoted to the Moravian-Silesian Region, its characteristics, industry, climatic and meteorological conditions. It also describes the selected sites for monitoring total suspended particles. In most cases, these are areas with a high degree of pollution, which is caused by the nearby presence of large industrial complexes. Another chapter deals with atmospheric deposition, describing the main components of deposition and PM_{10} . Then followed the sampling method, and the related methods of mineralogical and chemical analysis. In conclusion, there are all processed data obtained from samples of total dust deposition (mineral phases, major ions and the presence of algae).

Keywords: Total suspended particles, powder aerosol, Moravian-Silesian Region, air pollution, chemical and mineralogical analysis

Obsah

1	Úvod a cíl práce	1
2	Charakteristika oblasti	2
2.1	Průmysl v Moravskoslezském kraji	3
2.2	Meteorologické a klimatické podmínky Moravskoslezského kraje	5
2.3	Klimatické oblasti dle Quittovy klasifikace	5
2.4	Odběrové lokality	9
3	Atmosférická depozice polévatého prachu (PM)	15
3.1	Celková prašná depozice a polévatý prach	15
3.1.1	PM ₁₀	15
3.2	Atmosférická depozice	17
3.2.1	Mokrý depozice	17
3.2.2	Suchý depozice	18
3.3	Vývoj složení atmosférické depozice	18
3.4	Systém sledování atmosférické depozice v ČR	20
3.5	Metody odběrů vzorků	21
3.5.1	Odběr vzorků mokré depozice - vertikální	21
3.5.2	Odběr vzorků mokré depozice - horizontální	23
3.6	Rozbor odebraných vzorků	24
3.7	Metody mineralogické a chemické analýzy	24
3.7.1	RTG difrakční analýza	25
3.7.2	Fázová chemická analýza částic	26
4	Vliv srážek na depozici	27
5	Výsledky mineralogického rozboru	29
5.1	Identifikace přítomných minerálních fází	29

5.1.1	Resuspendované částice.....	29
5.1.2	Částice produkované během metalurgických procesů.....	31
5.1.3	Sekundární částice	32
5.1.4	Karbonáty.....	34
5.2	Porovnání výskytu minerálních fází v závislosti na vzorkovaném období.....	35
6	Elektronová skenovací mikroskopie (SEM) a chemická analýza částic (EDX).....	44
6.1	Elektronový mikroskop.....	44
6.1.1	Skenovací elektronový mikroskop (SEM).....	44
6.2	Chemická analýza částic EDX.....	45
7	Mokrý depozice.....	46
8	Identifikace řas ve vzorcích celkové depozice	53
8.1	Popis identifikovaných taxonů.....	55
9	Závěr	58
10	Seznam použité literatury	59
11	Seznam použitých obrázků	64
	Seznam obrázků.....	67
	Seznam grafů	67
	Seznam tabulek.....	68
	Přílohy.....	69

1 Úvod a cíl práce

Území Moravskoslezského kraje je velmi zatížené prachovými částicemi, které pochází ze spalování fosilních paliv, z lokálních topenišť, ze spalovacích procesů z průmyslových komplexů a významný vliv na znečištění má také doprava. Velký vliv na znečištění má také příhraniční poloha kraje, kdy na severu sousedí s Polskou republikou a značná část prachových částic pochází právě odtud. V posledních letech však došlo ke vzájemné spolupráci v otázce ochrany životního prostředí. Moravskoslezský kraj můžeme popsat jako průmyslový s významným podílem těžebního, energetického a hutního průmyslu a to má negativní dopad na kvalitu ovzduší. Průmysl v kraji produkuje obrovské množství těžkých kovů a emisí prachových částic. V posledních letech však bylo mnoho investic použito k modernizaci technologií a k dalším ekologickým opatřením.

V České republice je za monitoring atmosférické depozice a atmosférických srážek zodpovědný Český hydrometeorologický ústav. K měření koncentrací znečišťujících látek v ovzduší jsou používány různé měřicí přístroje a metody a měření je prováděno jak na automatických, tak na manuálních stanicích. V dnešní době jsou také monitorovány koncentrace prachových částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ v rámci imisní sítě České republiky.

Atmosférická depozice odstraňuje emitované látky z atmosféry nebo látky, které jsou výsledkem chemických reakcí. Atmosférické srážky se významně podílí na tzv. vymývání atmosféry. Jsou to procesy, díky kterým jsou látky z atmosféry transportovány na zemský povrch, což má význam jak pozitivní, kdy jsou znečišťující látky odstraněny z ovzduší, tak i význam negativní, kdy dochází k přestupu látek z ovzduší pomocí depozičních procesů do jiných složek prostředí a tím je zapříčiněno jejich znečištění.

Cílem této práce bylo ověření možnosti použití identifikace minerálních fází pro určení zdroje znečištění. Vzorky k analýzám odebral a poskytl Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě. Tyto vzorky byly analyzovány v laboratořích VŠB – Technické univerzity v Ostravě.

2 Charakteristika oblasti

Moravskoslezský kraj, znázorněn na obr. č. 1, zaujímá rozlohu 5 427 km² a svou velikostí se řadí na šesté místo v České republice. V roce 2014 žilo v kraji přibližně 1,2 milionu obyvatel. Moravskoslezský kraj je regionem šesti bývalých okresů: Bruntál, Opava, Ostrava, Karviná, Nový Jičín a Frýdek-Místek (David, Soukup, 2009). Kraj leží v nejvýchodnější části České republiky. Na severu sousedí s Polskou republikou a na východě se Slovenskem. Příhraniční charakter oblasti skýtá velké možnosti vzájemné spolupráce se sousedními zeměmi, například v oblasti kultury, turistiky či ochrany životního prostředí. Moravskoslezský kraj sousedí na jihu se Zlínským krajem a na jihozápadě s krajem Olomouckým. Na území kraje se nachází 300 obcí a z toho 5 měst je statutárních, 35 měst a 3 městyse (Doleček, 2011).



Obrázek 1: Geografická mapa Moravskoslezského kraje (www.csugeo.i-server.cz)

Geografická rozmanitost kraje je velmi velká. V této oblasti se vyskytují rozdílné krajinné typy a je velice členitá. Od západu je kraj omezen masívem Hrubého Jeseníku s nejvyšší horou Pradědem (1492 m). Masiv přechází do náhorní plošiny s pozvolnějším terénem a nedotčenými oblastmi, kterou tvoří Nízký Jeseník a Oderské vrchy. Směrem na východ leží Moravskoslezské Beskydy. Nejvyšším vrcholem je zde Lysá hora (1323 m). Mezi horami se nacházejí níže položené oblasti s velmi hustě osídleným nížinným terénem Opavské nížiny, Moravské brány a Ostravské pánve (Doleček, 2011). Nižšími polohami kraje protékají nejvýznamnější řeky jako je Odra (pramenící v Oderských vrších), Opava, Olše a Ostravice, která odvádí vodu z Moravskoslezských Beskyd (David a Soukup, 2009).

Více než polovinu území zabírá zemědělská půda, cca 35 % plochy tvoří lesy a to převážně v horských oblastech Beskyd a Jeseníků. Vedle přírodního bohatství se v kraji nachází bohaté zásoby nerostných surovin. Nejvýznamnější surovinou kraje je černé uhlí, vápenec a dále pak ložiska zemního plynu a mnoho dalších (Vurm, 2003).

2.1 Průmysl v Moravskoslezském kraji

Podle převažujících hospodářských odvětví můžeme Moravskoslezský kraj charakterizovat jako průmyslový. Významný podíl zaujímá těžba černého uhlí, hutní a energetický průmysl, nemalý význam má i průmysl chemický, potravinářský a v poslední době zaznamenává rychlý rozvoj také automobilový průmysl. Moravskoslezský kraj stále patří i přes nepříznivý ekonomický vývoj posledních let k hospodářsky nejvýznamnějším částem České republiky (Jančík, 2013).

Moravskoslezský kraj patří mezi oblasti s nejvíce poškozeným životním prostředím. Z hlediska kvality životního prostředí se řadí mezi nejzatíženější regiony. V minulých letech byly v kraji poškozeny téměř všechny složky životního prostředí a v současné době patří mezi největší problémy staré ekologické zátěže (kontaminace půdy, ropné laguny, následky těžby uhlí, devastace území). Také vysoká koncentrace těžkého průmyslu je velkou zátěží kraje. Dle měření Českého hydrometeorologického ústavu patří kraj k nejzamořenějším oblastem v České republice (Doleček, 2011).

Mezi největší znečišťovatele ovzduší v Moravskoslezském kraji náleží Arcelor Mittal Ostrava a.s., Třinecké železářny a.s., Vítkovice Steel a.s., OKK Koksovna a.s. a tepelná elektrárna Třebovice. Tyto velké znečišťovatele následují menší firmy,

jako jsou BorsodChem MCHZ, ČEZ Teplárna Vítkovice a.s., VIADRUS a.s. Bohumín a ROCKWOOL, a.s. Bohumín. Dalšími významnými znečišťovateli jsou automobilová a železniční doprava (v této aglomeraci je velmi hustá silniční síť) a lokální topeniště (Jančík, 2013).

Největší znečišťovatelé ovzduší:

Arcelor Mittal Ostrava a.s. – výroba a zpracování surového železa a oceli

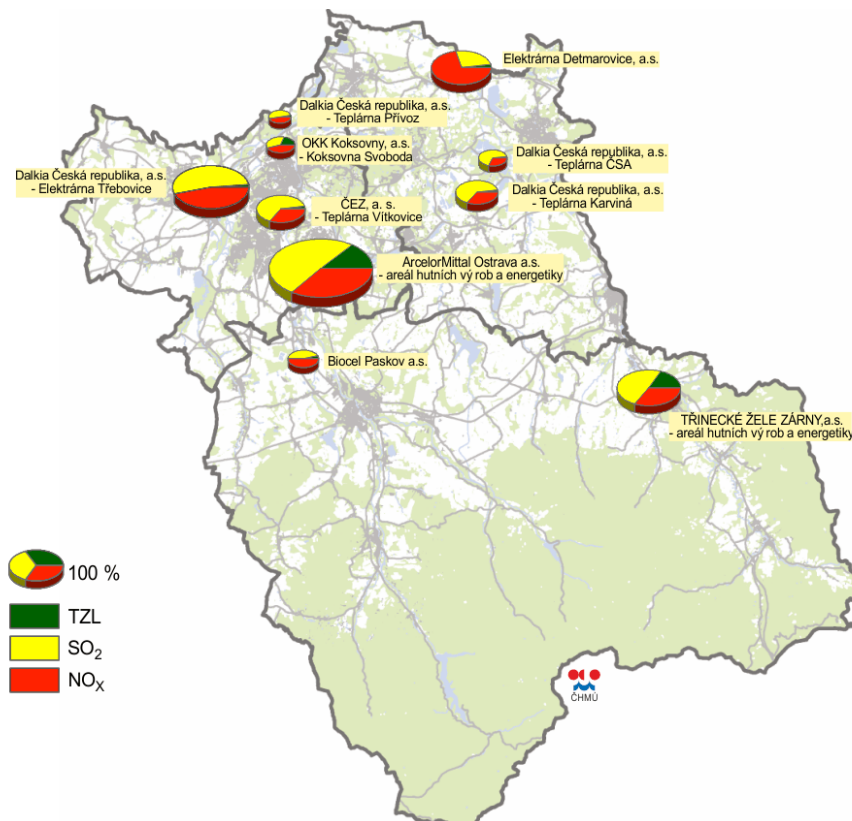
Třinecké železářny a.s. – hutní výroba

Vítkovice Steel a.s., – výroba válcovaných produktů z oceli

Biocel Paskov a.s., – výroba viskózní buničiny pro textilní průmysl

BorsodChem MCHZ – výroba produktů organické chemie (např. anilin)

Tyto společnosti, znázorněny na obr. č. 2, vypouštějí do ovzduší nadlimitní koncentrace znečišťujících látek a to zejména PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ a NO_x. Ovzduší Moravskoslezského kraje je znečištěno také velkým množstvím těžkých kovů, jako je kadmium, selen a zinek (Jančík, 2013).



Obrázek 2: Nejvýznamnější stacionární zdroje emisí (www.chmi.cz)

2.2 Meteorologické a klimatické podmínky Moravskoslezského kraje

Zkoumání meteorologických podmínek dané lokality je velmi důležité, protože podstatně ovlivňují stav znečištění ovzduší. Postup zjišťování meteorologických podmínek je tedy velmi významný pro popisování rozptylu znečišťujících látek v atmosféře. Podstatný vliv na znečištění atmosféry mají také srážky, které vymývají imise z ovzduší a tím snižují jeho znečištění (Jančík, 2013).

Mezi zásadní meteorologické podmínky, které se významně podílejí na vlivu rozptýlení škodlivých látek ve vzduchu, patří směr větru, rychlost větru, dále pak teplota vzduchu nebo také relativní vlhkost vzduchu. Důležitým faktorem je vertikální teplotní zvrstvení, které určuje vertikální stabilitu atmosféry (Blažek, 2013)

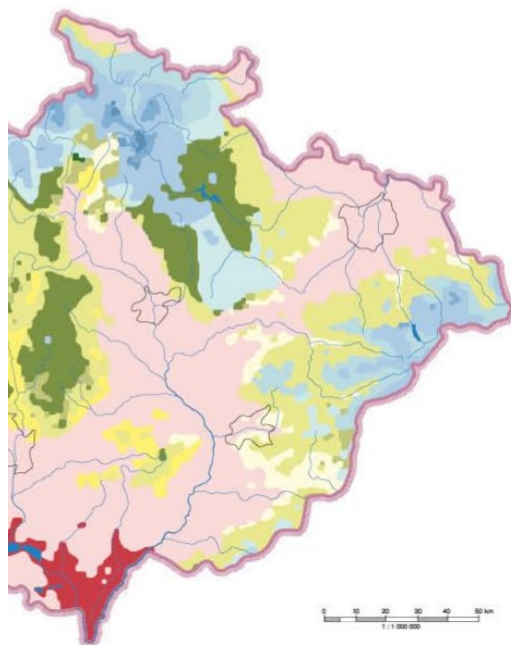
2.3 Klimatické oblasti dle Quittovy klasifikace

Quittova klasifikace podnebí rozeznává 23 jednotek ve třech oblastech, a to v chladné, mírně teplé a teplé oblasti, popsaných jistými kombinacemi hodnot 14 klimatologických charakteristik, tyto hodnoty jsou znázorněny v tabulce 1. (Tolasz et al., 2007).

Tabulka 1: Vybrané klimatické oblasti Moravskoslezského kraje dle Quitta (Tolasz et al., 2007)

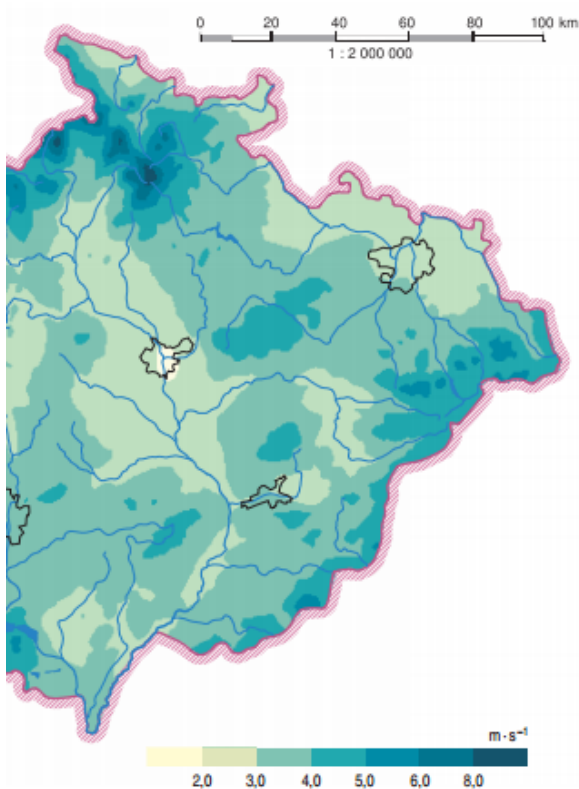
	chladná oblast		mírně teplá oblast				teplá oblast
	C6	C7	MW2	MW4	MW7	MW10	W2
Počet letních dnů	10 - 30	10 - 30	20 - 30	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
Počet dní s prům. teplotou 10°C a více	120 - 140	120 - 140	140 - 160	140 - 160	140 - 160	140 - 150	160 - 170
Počet mrazivých dnů	140 - 160	140 - 160	110 - 130	110 - 130	110 - 130	110 - 130	100 - 110
Počet ledových dní	60 - 70	50 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50	30 - 40	30 - 40
Průměrná teplota v lednu (°C)	-4 až -5	-3 až -4	-3 až -4	-2 až -3	-2 až -3	-2 až -3	-2 až -3
Průměrná teplota v červenci (°C)	14 - 15	15 - 16	16 - 17	16 - 17	16 - 17	17 - 18	16 - 18
Průměrná teplota v dubnu (°C)	2 - 4	4 - 6	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	8 - 9
Průměrná teplota v říjnu (°C)	5 - 6	6 - 7	6 - 7	6 - 7	7 - 8	7 - 8	7 - 9
Průměrný počet dní se srážkami 1 mm a více	140 - 160	120 - 130	120 - 130	110 - 120	100 - 120	100 - 120	90 - 100
Srážkový úhrn - veget.období (mm)	500 - 700	500 - 600	450 - 500	350 - 450	400 - 450	400 - 450	350 - 400
Srážkový úhrn - zimní období (mm)	400 - 600	350 - 400	250 - 300	250 - 300	250 - 300	200 - 250	200 - 300
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	120 - 140	100 - 120	80 - 100	60 - 80	60 - 80	50 - 60	40 - 50
Počet zatažených dní	150 - 160	150 - 160	150 - 160	150 - 160	120 - 150	120 - 150	120 - 140
Počet jasných dní	40 - 60	40 - 50	40 - 60	40 - 50	40 - 50	40 - 50	40 - 50

Do oblastí chladných (C6 a C7) a mírně teplých (MW2, MW4 a MW7) patří z části vyšší oblast Jeseníků a Beskyd. Podstatná část Ostravské pánve a území okolo Opavy (do 500-600 m n. m.) náleží do (W2) teplé klimatické oblasti (Tolasz et al., 2007).



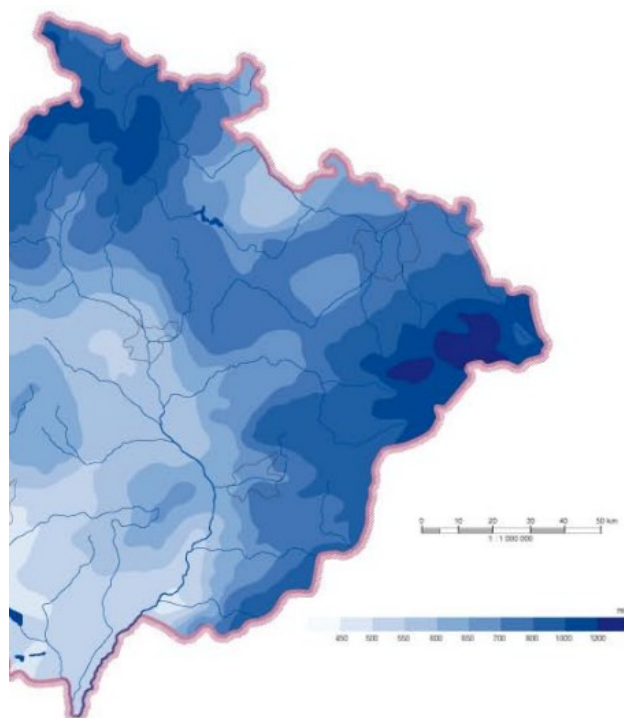
Obrázek 3: Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace (Tolasz et al., 2007).

V Moravskoslezském kraji má počasí mnoho tváří a je velmi rozmanité. Převážně se odvíjí od charakteru atmosférického proudění. Jestliže v zimním období dominuje severovýchodní proudění, dochází k tomu, že počasí je stálé a mrazivé. V letním období můžeme při tomto proudění čekat velmi horké a suché dny (www.o-kraji.kr-moravskoslezsky.cz). Jižní proudění vzduchu způsobuje v každém ročním období značné oteplení. V nejvýchodnější části území kraje je směr větru ovlivněn Jablunkovskou brázdou a převládá zde jihovýchodní proudění. Nestálé meteorologické podmínky můžeme očekávat při výskytu atlantického proudění. Toto proudění se na území Moravskoslezského kraje objevuje nejčastěji spolu s větry severními a jihozápadními. Převažující proudění z jihozápadního směru souvisí s orografickým vlivem Moravské brány. Západní směr větru je dominantní v úvalech, otevřených nížinách a v mírně zvlněných pahorkatinách do 300 m n. m. V podhorských oblastech kraje je proudění vzduchu ovlivněno orografickými podmínkami, ale na vrcholech pohoří opět dominuje západní směr větru (Tolasz et al., 2007).

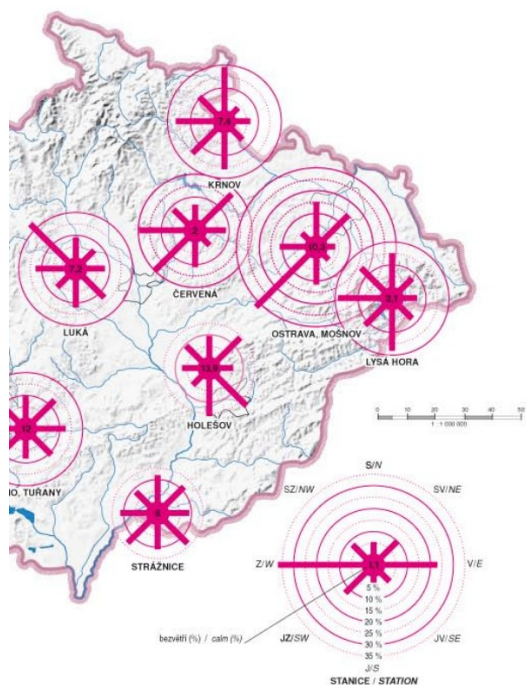


Obrázek 4: Průměrná rychlost větru v Moravskoslezském kraji (Tolasz et al., 2007).

Charakteristickými klimatickými rysy na území Moravskoslezského kraje jsou relativně vysoké srážky, v závislosti na blízkosti návětrných svahů moravskoslezských Beskyd, a proto patří území Beskyd k vlhkým oblastem (www.o-kraji.kr-moravskoslezsky.cz). Na beskydské Lysé hoře spadne za rok nejvíce dešťových srážek v České republice. Nejvíce srážek se do oblasti dostává při přechodu frontálních systémů, a to převážně při západním až severozápadním proudění s vlhkým atlantickým vzduchem. Na území Moravskoslezského kraje spadlo v roce 2014 nejvíce srážek z celé České republiky. Ostravský biogeografický region je nejvlhčí nížinnou lokalitou na území České republiky (Tolasz et al., 2007).



Obrázek 5: Průměrný roční úhrn srážek dle Quitta (Tolasz et al., 2007).



Obrázek 6: Větrné růžice znázorňující převládající větry v Moravskoslezském kraji (Tolasz et al., 2007).

Významnou roli pro vznik smogových situací převážně na severovýchodě Moravskoslezského kraje má proudění vzduchu. Čím je vyšší rychlost proudění vzduchu a čím lepší jsou rozptylové podmínky, tím méně dochází k hromadění škodlivých látek.

Znečištěný vzduch se nad povrchem pohybuje velmi pomalu (www.dycham.ostrava.cz). Při inverzním zvrstvení atmosféry se zvyšuje koncentrace škodlivých látek v ovzduší. V extrémních situacích může docházet k zastavení vzduchové hmoty, a to při nepřestávající tvorbě emisí směřuje k velmi vysokým imisním koncentracím. Pokud mají větry nízkou rychlost a proměnlivý směr, může se znečištěný vzduch pohybovat nad dotčenou krajinou i několikrát. Důležitou skutečností je také to, že k bezvětrí dochází v posledních letech velmi často (území Ostravska), a to způsobuje vleklé smogové situace v tomto regionu Moravskoslezského kraje (Jančík, 2013).

Tabulka 2: Územní srážky v roce 2014 (www.chmi.cz)

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Moravskoslezský kraj	S	31	20	35	58	142	76	108	113	105	55	35	36	814
	N	42	44	43	59	94	108	105	98	63	50	58	52	816
	%	74	45	81	98	151	70	103	115	167	110	60	69	100

Vysvětlivky:

S = úhrn srážek [mm]

N = dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]

% = úhrn srážek v % normálu 1961–1990

Tabulka 3: Územní teploty v roce 2014 (www.chmi.cz)

Kraj		Měsíc												Rok
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Moravskoslezský kraj	T	0	2,9	6	9,3	12,1	15,4	19	15,8	14	9,7	6,2	0,9	9,3
	N	-3,2	-1,7	1,9	6,7	11,9	15	16,3	15,9	12,5	8	2,7	-1,4	7
	O	3,2	4,6	4,1	2,6	0,2	0,4	2,7	-0,1	1,5	1,7	3,5	2,3	2,3

Vysvětlivky:

T = teplota vzduchu [°C]

N = dlouhodobý normál teploty vzduchu 1961-1990 [°C]

O = odchylka od normálu [°C]

2.4 Odběrové lokality

Při volbě odběrové lokality byla zvažována vhodnost území z hlediska situování vzhledem k potenciálním zdrojům pozorovaných škodlivých látek. Na území Moravskoslezského kraje bylo zvoleno deset odběrových míst (Tabulka 4). V každé

z těchto lokalit je určitý zdroj nebo více zdrojů, které ovlivňují okolí svým znečišťováním. Pro pozorování bylo vybráno šest větších měst a jedna menší obec (Ostravice).

Tabulka 4: Odběrové lokality

	Název měřicího místa	Adresa	GPS souřadnice
1	Ostrava - Radvanice	ul. Nad Obcí 2859/1	49°48'25.447"N, 18°20'20.801"E
2	Ostrava - Mariánské Hory	ul. Na Zelené 73A	49°49'29.491"N, 18°15'49.220"E
3	Ostrava - Poruba	ul. Opavská 60/121	49°50'25.178"N, 18°9'22.236"E
4	Karviná 571	Těřeškovové 2206	49°51'29.194"N, 18°33'19.369"E
5	Havířov - Šumbark	ul. Moravská 29	49°48'10.106"N, 18°24'58.618"E
6	Třinec	Šeříková 379	49°40'28.902"N, 18°40'45.440"E
7	Třinec - Oldřichovice	č.p. 275	49°39'12.660"N, 18°39'7.135"E
8	Frýdek - Místek	ul. K.H. Máchy	49°40'40.884"N, 18°20'36.793"E
9	Ostravice	areál sběrného dvora	49°31'50.192"N, 18°23'50.524"E
10	Hradec nad Moravicí	ul. Opavská	49°52'34.386"N, 17°52'39.835"E

Ostrava - Radvanice

Poloha: 18°20'20.801" v. d.,

49°48'25.447" s. š.

Městský obvod Radvanice a Bartovice je jedním z 23 městských obvodů Ostravy. V blízkosti obvodu se nachází společnost ArcelorMittal Ostrava, a.s., která je hlavním znečišťovatelem ovzduší dané lokality. Odběrové místo (Příloha 1) se nachází na ulici Nad Obcí 2859/1 a je umístěno v emisní vlečce společnosti ArcelorMittal Ostrava, a.s. Průmyslový komplex se nachází 2 až 3 km jihozápadně od odběrového místa. Dalším hodnoceným zdrojem znečištění jsou také lokální topeniště a doprava na silnici Těšínská (ims-msk.cz).

Tabulka 5: Směr proudění větru – Ostrava – Radvanice

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětrí
četnost ze směru (%)	9,14	13,08	9,66	9,68	21,89	25,15	3,68	5,99	1,75

Ostrava - Mariánské Hory

Poloha: 18°15'49.220"v. d.,

49°49'29.491"s. š.

Odběrové místo (Příloha 2) se nachází na ulici Zelená 73A v areálu mateřské školy. Místo je vzdáleno asi 270m vzdušnou čarou od průmyslového komplexu Vítkovice Steel, a.s., a asi 460 m od hlavní cesty ulice 28. října. Společnost Vítkovice Steel, a.s., se řadí mezi přední evropské výrobce válcovaných výrobků z oceli a je také jedním z velkých znečišťovatelů dané lokality (ims-msk.cz).

Tabulka 6: Směr proudění větru – Ostrava – Mariánské Hory

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětrí
četnost ze směru (%)	9,59	9,92	8,14	10,39	19,65	28,77	4,23	7,54	1,79

Ostrava – Poruba

Poloha: 18°9'22.236" v. d.,

49°50'25.178"s. š.

Odběrové místo (Příloha 3) se nachází v těsné blízkosti hlavní cesty Opavská. Tato komunikace je hlavním tahem silniční dopravy ve směru na Opavu. Automobilová doprava je hlavním zdrojem znečištění lokality (ims-msk.cz).

Tabulka 7: Směr proudění větru – Ostrava – Poruba

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětrí
četnost ze směru (%)	14,42	12,70	6,65	3,77	14,37	37,62	4,70	4,07	1,73

Karviná

Poloha: 18°33'19.369"v. d.,

49°51'29.194"s. š.

Odběrové místo (Příloha 4) se nachází v obydlené oblasti na třídě Těřeškovové vzdálené asi 400 m od kruhového objezdu. Hlavním znečišťovatelem této lokality je automobilová doprava (ims-msk.cz).

Tabulka 8: Směr proudění větru – Karviná

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
četnost ze směru (%)	6,60	9,79	9,18	8,60	12,24	26,53	16,38	7,60	3,10

Havířov – Šumbark

Poloha: 18°24'58.618"v. d.,

49°48'10.106"s. š.

Odběrové místo (Příloha 5) se nachází na ulici Moravská 29 v areálu základní školy. V blízkosti je zástavba rodinných domů s lokálními topeništi. Spalování tuhých paliv a domovního odpadu má největší vliv na znečištění dané lokality (ims-msk.cz).

Tabulka 9: Směr proudění větru – Havířov – Šumbark

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
četnost ze směru (%)	8,86	14,03	7,81	8,64	19,25	26,10	5,53	8,13	1,66

Třinec

Poloha: 18°40'45.440"v. d.,

49°40'28.902"s. š.

Odběrové místo (Příloha 6) se nachází na ulici Šeříkové vzdušnou čarou asi 1,3 km od společnosti Třinecké železářny, což je největší huť s největší výrobou oceli v České republice. Společnost Třinecké železářny je jistě hlavním znečišťovatelem ovzduší v Třinci (ims-msk.cz).

Tabulka 10: Směr proudění větru – Třinec

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
četnost ze směru (%)	5,50	5,99	12,32	14,53	25,40	15,57	7,23	11,95	1,53

Třinec Oldřichovice

Poloha: 18°39'7.135"v. d.,

49°39'12.660"s. š.

Odběrové místo (Příloha 7) se nachází v blízkosti husté zástavby rodinnými domy s lokálními topeništi. Tato zástavba, vzdálena od odběrového místa asi 350 m, je hlavní příčinou znečištění ovzduší v dané lokalitě (ims-msk.cz).

Frýdek – Místek

Poloha: 18°20'36.793"v. d.,

49°40'40.884"s. š.

Odběrové místo (Příloha 8) se nachází v husté zástavbě panelových domů na ulici ul. K. H. Máchy v blízkosti hlavní silnice E462, která je hlavním tahem z Brna do Polska. Mezinárodní silnice E462 je největším znečišťovatelem ovzduší ve sledované lokalitě (ims-msk.cz).

Tabulka 11: Směr proudění větru –Frýdek-Místek

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
četnost ze směru (%)	7,65	14,24	5,07	13,96	21,99	15,85	8,71	8,65	3,91

Ostravice

Poloha: 18°23'50.524"v. d.,

49°31'50.192" s. š.

Odběrové místo (Příloha 9) se nachází v areálu sběrného dvora v Ostravici. Daná lokalita se nachází v široce rozevřeném údolí řeky Ostravice. Odběrové místo bylo zvoleno jako pozadová hodnota znečištění ovzduším přicházejícím ze směru Ostrava, Frýdek-Místek, Ostravice (ims-msk.cz).

Tabulka 12: Směr proudění větru – Ostravice

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětří
četnost ze směru (%)	13,86	13,96	5,27	18,64	28,79	12,69	1,70	2,67	2,44

Hradec nad Moravicí

Poloha: 17°52'39.835"v. d.,

49°52'34.386"s. š.

Odběrové místo (Příloha 10) se nachází na ulici Opavská. Celá oblast je hustě zastavěna rodinnými domy s lokálními topeništi. Tyto mají na svědomí velké znečištění ovzduší v dané lokalitě (ims-msk.cz).

Tabulka 13: Směr proudění větru – Hradec nad Moravicí

směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	Bezvětrí
četnost ze směru (%)	14,61	8,79	9,85	10,70	18,55	25,25	6,34	4,31	1,62

3 Atmosférická depozice polétavého prachu (PM)

Atmosférická depozice je přenos nebo tok látek z ovzduší směrem k zemskému povrchu. Velikost depozičního přenosu látek je možno popsat hmotností pozorované látky deponované na jednotku plochy za určitou časovou jednotku (Braniš a Hůnová 2009).

3.1 Celková prašná depozice a polétavý prach

Suspendované částice je celkové označení pro jemné tuhé nebo kapalně částice, které jsou do ovzduší emitovány různými procesy, které se odehrávají na zemském povrchu. Tyto částice tvoří prach, kouř, saze, pyly a půdní částice (glossary.eea.europa.eu).

Jako celkové suspendované částice TSP (total suspended particles) můžeme nazvat drobnější polétavý prach či aerosoly. Velikost těchto částic je menší než 100 μm . Za celkové suspendované částice TSP bývá označován i celkový polétavý prach, jehož částice dosahují v průměru velikosti do 20 μm (Skeřil et al., 2008).

Polétavý prach je často označován jako prašný aerosol. Obsahuje směs kapalných (na prašných částicích v ovzduší kondenzuje voda a vytváří se kapalně obal) a pevných částic (www.irz.cz). Jsou to malé částice různých látek (uhlík, dusičnany, sírany, kovy). Jsou lehké, a proto trvá velmi dlouhou dobu, než dojde k jejich usazení na povrch (www.arnika.org). Protože čím menší je průměr tuhé částice, tím déle setrvává v ovzduší. Polétavý prach je označován jako PM, rozlišujeme tři kategorie PM a to PM_{10} (nejtěžší částice), $\text{PM}_{2,5}$ a $\text{PM}_{1,0}$ (nejlehčí částice). Částice PM_{10} setrvávají v ovzduší několik hodin, $\text{PM}_{1,0}$ i několik týdnů, dokud nespadnou na povrch se srážkami (Knozová a Skeřil, 2011).

Polétavý prach vzniká přirozenou cestou (sopečné erupce, požáry lesních porostů) nebo jako produkt lidské činnosti (průmyslové aglomerace, těžební činnost, automobilová doprava). Udává se v jednotkách stejných jako tuhý spad a to v $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Knozová a Skeřil, 2011).

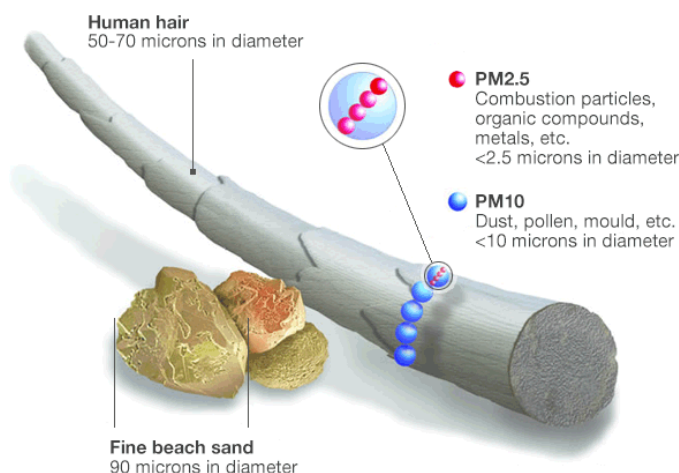
3.1.1 PM_{10}

Částice PM_{10} jsou uskupením velkého počtu různorodých chemických látek včetně částic síranů, sazí, kovů a anorganických solí, pocházejících z různých zdrojů. Velikost a tvar částic se mění (www.arnika.org). Přesná chemická definice chybí, a to vede k nemalým problémům v některých oblastech (rozdělení zdrojů, měření, působení

na ekosystémy a vliv na lidské zdraví). K lepšímu poznání částic PM_{10} (obr. č. 7) bylo do dnešní doby uskutečněno nespočet studií a bylo získáno velmi mnoho užitečných poznatků. Studie také uvádí, jak důležitý vliv má velikost pevných prachových částic na lidské zdraví. Částice o velikosti menší než $10\ \mu m$ pronikají až do dolních cest dýchacích, proto jsou někdy nazývány také jako vdechované neboli thorakální částice (Knozová a Skeřil, 2011).

Za toxicitou PM_{10} jsou především chemické látky, které jsou v aerosolu obsaženy. Mezi těmito látkami mohou být i látky karcinogenní a to nese velká zdravotní rizika pro lidský organismus i další živé organismy (www.arnika.org).

Částice prašného aerosolu mohou vznikat přímo z emisí přírodních zdrojů např. lesní požáry nebo zdrojů antropogenních např. spalovací procesy. Z přírodních zdrojů můžeme jmenovat i takzvaný bioaerosol, ve kterém jsou obsaženy organismy jako houby, bakterie nebo viry a další rostlinné a živočišné produkty (pyl a spory). Mohou ale také vznikat vzájemným působením škodlivin, které jsou obsaženy v ovzduší (Knozová a Skeřil, 2011). Částice PM_{10} zůstávají v atmosféře kratší dobu, oproti jemným částicím $PM_{2.5}$, z důvodu jejich větší měrné hmotnosti. Částice PM_{10} jsou přírodního původu a tvoří je prvky jako vápník, hořčík, sodík, křemík, železo, mangan. Tyto prvky tvoří až 40 hm% chemického složení částic PM_{10} . PM_{10} jsou tvořeny zejména primárními částicemi, které vychází přímo ze zdroje, a dále jsou vytvářeny z plynných látek (oxid siřičitý, amoniak, oxidy dusíku a těkavé organické sloučeniny), které účinkují jako prekurzory pro vytváření sekundárních částic (Air Quality Criteria for Particulate Matter, 2001; Theakston, 2006).

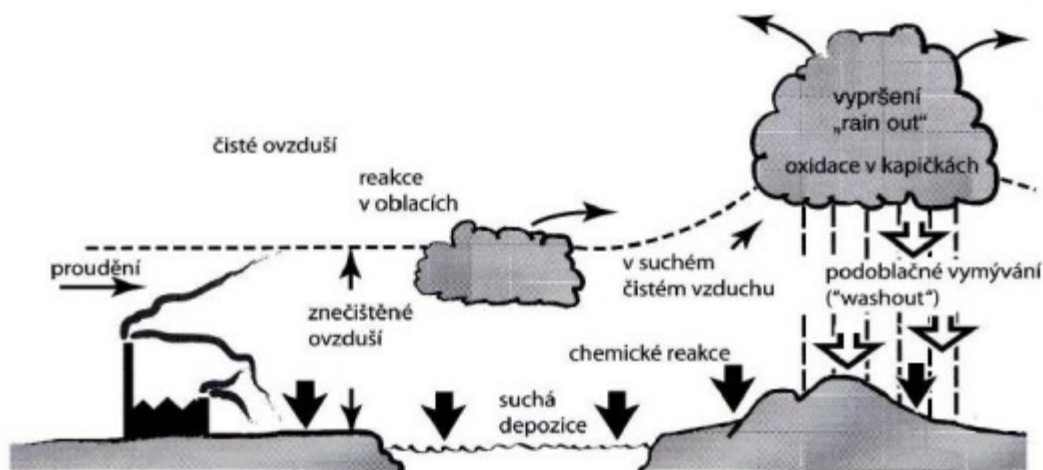


Obrázek 7: Velikost částic (www.bbc.com)

3.2 Atmosférická depozice

Atmosférická depozice je proces, který se velkou měrou podílí na samočištění atmosféry. Likviduje látky, které vznikají důsledkem chemických reakcí a také ty, jež se dostávají do atmosféry vypouštěním. (Příbil, 2009). Pro další složky prostředí jako je pedosféra, hydrosféra nebo biosféra je naopak hlavním zdrojem znečišťujících látek. Atmosférická depozice je přenos znečišťujících látek z atmosféry k povrchu země (obr. č. 8). Část látek, které ovzduší znečišťují, zůstává ve vzduchu, ostatní se deponují (usadí) na zemském povrchu. Zasaženy jsou například vodní plochy, povrch vegetace nebo stavební konstrukce. Depozice se udává jako hmotnost škodlivých látek na jednotku plochy za určitou časovou jednotku (například $\text{g.m}^{-2} \text{rok}^{-1}$ nebo $\text{kg.km}^{-2} \text{rok}^{-1}$). (Hůnová a Janoušková, 2004).

Atmosférická depozice se podle způsobu jakým se na zemský povrch dostává, dělí na suchou a mokrou. (Braniš et al., 2009).



Obrázek 8: Procesy způsobující atmosférickou depozici (Hůnová a Janoušková, 2004)

3.2.1 Mokrá depozice

Mokrá depozice (spad) je spojena s atmosférickými srážkami a můžeme ji rozdělit na vertikální nebo horizontální (Prošková a Hůnová, 2006). Mezi depozice vertikální (padající) patří déšť – vodní srážky, sníh – tuhé srážky, kroupy – padající kousky ledu různého tvaru. K horizontálním depozicím řadíme usazené atmosférické srážky jako je mlha, námraza – bílá zrnitá usazenina, především na návětrných stranách nebo jinovatka – usazenina tvořena ledovými krystalky. (Vysoudil, 2006)

Během mokré depozice se látky z ovzduší dostávají do srážek (pevné částice, plyny a aerosoly). Do srážek se tyto látky dostávají dvěma různými způsoby. Prvním způsobem je jejich výskyt v mracích (horizontální srážky) a druhým způsobem jsou látky vymývány při přechodu srážek ovzduším. Takto se k půdnímu povrchu dostane velké množství různých sloučenin jak organických, tak i anorganických například vápník a sloučeniny síry a dusíku. (Řezáčová a kol., 2007)

K mokré depozici řadíme například okapovou vodu, která stéká či odkapává z vegetace. Tato voda smývá do půdy znečišťující látky usazené na listech nebo větvích v důsledku suché depozice.

Jednotky, ve kterých se udává jejich množství je hmotnost částic vztažená na plochu za určité časové období (např. kg/ha/rok). (Vysoudil, 2006)

3.2.2 Suchá depozice

Suchá depozice je pomalejším procesem než mokrá depozice, při kterém dochází k přímému transportu pevných látek například sazí, prachu nebo aerosolů z ovzduší na vegetaci, oceány a další objekty na zemském povrchu. V průběhu tohoto procesu se celkový spad dostává k zemskému povrchu jinak, než ve vodních srážkách. Suchá depozice na rozdíl od mokré depozice však probíhá neustále (Vysoudil, 2002).

Suchá depozice je tvořena dvěma složkami:

- Spad pevných látek – odloučené látky z ovzduší se usazují na povrchu
- Absorpce a adsorpce plynných látek vegetací, vodními plochami a půdou

V celkových výsledcích v delším časovém úseku suchá depozice v průmyslových aglomeracích několikanásobně převyšuje mokrou, naopak v odlehlějších oblastech (horských polohách) už převažuje depozice mokrá nad suchou depozicí. (Hůnová, 2009)

3.3 Vývoj složení atmosférické depozice

Zkoumání srážek v atmosféře je jednou z disciplín celosvětového výzkumu. Bylo uskutečněno velké množství studií o chemickém složení srážek a jejich dlouhodobému působení. Chemismus srážek je pozorován zejména za účelem monitorování kyselé atmosférické depozice a acidifikace, při které nastává okyselování vodního či půdního prostředí. Pozorování srážek je důležité z hlediska obavy z narušení

ekosystémů a biogeochemických cyklů a také z obavy kvůli působení srážek na celosvětové změny klimatu. Chemické složení srážek působí nejen na životní prostředí, ale má velký vliv také na stavební materiály, které narušuje a tím napomáhá k velkým škodám na kulturním dědictví.

Charakteristickým rysem atmosférické depozice je její lokální charakter a schopnost transportu látek znečišťujících ovzduší do velkých vzdáleností. Právě v důsledku přenosu znečišťujících látek na velké vzdálenosti můžeme sledovat účinky atmosférického spadu na místech velmi vzdálených od původců emisí. V České republice byly důsledky dálkového přenosu škodlivých látek patrné v 90. letech 20. století například v oblasti Šumavy, která se sice nenalézá v bezprostřední blízkosti od emisních zdrojů, nicméně byla tato oblast velmi zatížena kyselým atmosférickým spadem. Území leží ve velké vzdálenosti od zdroje znečištění (zřejmě německé Porúří), ale v přímém směru převládajících větrů. Z vyhodnocených údajů EMEP se ukazuje, že atmosférický spad v menších zemích s poměrně nízkými hodnotami emisí je z velké většiny ovlivněna přeshraničním přenosem škodlivin. Tento jev byl sledován například na Islandu (EMEP, 2009).

V minulých letech se dostávaly znečišťující látky do ovzduší zejména spalováním dřeva či pražením rud. Na velké části území Evropy byly koncentrace škodlivin poměrně zanedbatelné. V bezprostřední blízkosti původců emisí byly koncentrace škodlivin vyšší, mnoho lokalit však bylo zasaženo dálkovým přenosem znečišťujících látek. Velká změna nastala s rozvojem těžkého průmyslu v 18. a 19. století, v té době se viditelně zvýšila spotřeba energie. Prudký vzestup znečišťujících látek byl nejdříve monitorován ve Velké Británii a v rozvinutějších evropských zemích. V ostatních zemích Evropy došlo k nárůstu emitujících látek v ovzduší o několik desítek let později (Hruška a Kopáček, 2005).

V průběhu let následovalo postupné zvyšování emisí NO_x a SO_2 , avšak toto zvyšování bylo do nástupu 2. světové války poměrně pomalé. K velkému zlomu ve znečišťování ovzduší došlo až s rychlým rozvojem těžkého průmyslu v poválečných letech. A v rozmezí dalších 30 let se míra emisí NO_x a SO_2 v ovzduší ztrojnásobila. Pro druhou polovinu 20. století je typický nebývalý nárůst emisí síry a to hlavně ve střední Evropě (Novak et al., 2009). Na konci 70. let 20. století byly zaznamenány v celoevropském měřítku dosud nejvyšší hodnoty emisí SO_2 . Vyspělejší západní evropské

země v té době zahájily snižování vypouštěných škodlivých látek do ovzduší v důsledku změn používaných paliv a inovací průmyslu. V té době započaly změny v pohledu na ochranu životního prostředí. Toto nové myšlení bylo neustále ovlivňováno zvyšováním emisí ve východní a střední Evropě. K zásadnímu zlomu ve snižování emisí dochází až v 90. letech 20. století, kdy se tento proces téměř zastaví (Hruška a Kopáček, 2005).

Vývoj emisí amoniaku NH_3 je na rozdíl od emisí NO_x a SO_2 jiný, protože výskyt NH_3 byl poměrně velký už v 19. století. S rostoucím počtem obyvatelstva, s rozmachem zemědělské produkce a chovem dobytka rostly postupně i emise NH_3 , tento vzestup emisí byl pozvolný a probíhal současně s rozvojem. Postupný vzestup emisí NH_3 trval až do mohutného začátku používání průmyslových hnojiv (60. léta 20. století). V dnešní době je v zemích západní Evropy již dlouhá desetiletí zemědělská produkce konstantní, a to dokazují i stálé emise NH_3 (Hruška a Kopáček, 2005).

3.4 Systém sledování atmosférické depozice v ČR

Data o kvalitě a chemickém složení atmosférických srážek a atmosférické depozici se sledují v České republice dlouhodobě na velkém počtu stanic. Data pocházejí ze sítě stanic organizací ČHMÚ, ČGS, VÚLHM, VÚV TGM, HBÚ AV ČR a KRNP. V souladu s mezinárodní metodikou EMEP (Program spolupráce při monitorování a vyhodnocování dálkového přenosu látek znečišťujících ovzduší v Evropě) přešla v roce 1996 velká většina stanic z měsíčního intervalu na týdenní odběr vzorků čistých srážek. Od roku 1997 do roku 2010 byly uskutečňovány odběry srážek týdenní typu „bulk“ (s blíže neurčitelným obsahem prašného spadu) na analýzu těžkých kovů. Následně se od roku 2011 uskutečňují analýzy těžkých kovů na stanicích ČHMÚ z čistých srážek. Týdenní odběry typu „bulk“ byly proto zrušeny. Na jednotlivých lokalitách dalších organizací se i nadále měří v měsíčních nebo nepravidelných intervalech koncentrace těžkých kovů ve srážkách typu „bulk“ na volné ploše. (www.chmi.cz)

Na velikost depozice mají vliv srážkové úhrny v jednotlivých letech. Rok 2013 byl srážkově mírně nad dlouhodobým normálem. V průměru na území České republiky spadlo 727 mm srážek, což je 108 % dlouhodobého normálu (za roky 1961–1990). Rok 2014 byl na území ČR srážkově mírně pod dlouhodobým normálem, roční srážkový úhrn 657 mm představuje 97 % normálu 1961–1990. (www.chmi.cz)

3.5 Metody odběrů vzorků

Atmosférické srážky jsou charakteristickým typem prostředí a jejich odebrání musí vyhovovat řadě kritérií. Pravidelné odebrání srážek a následující rozbor srážkových vod za účelem získání poznatků o chemickém složení srážek a příčinách kyselého atmosférického spadu byly započaty v sedmdesátých letech 20. století. V té době byl založen mezinárodní program EMEP, což je spolupráce evropských zemí při monitoringu a vyhodnocování transportu znečišťujících látek v ovzduší. Metodika EMEP se zabývá sběrem dat o emisích, měřením kvality atmosférických srážek a ovzduší a popisováním atmosférického přenosu a spadu znečišťujících látek. Všechny členské země programu EMEP se zavázaly plnit mnohá nařízení, která se týkají metody a intervalu při odběrech vzorků (Grynkiewicz et al., 2002).

Odběr a rozbor vzorků suchého a mokrého spadu podává přesnou informaci o kvalitě životního prostředí. Tato informace může pomoci zavést příslušná opatření ke snížení množství škodlivin v atmosféře. Určuje se hodnota vertikální a horizontální složky mokrého spadu, suchý spad se neurčuje přímo. Velikost suchého spadu se zjišťuje výpočtem. Nejlépe je provést odběr celkové depozice, je tedy odebrán vzorek mokré depozice (srážky) spolu s blíže neurčeným vzorkem suché depozice (Morselli et al., 2008).

V krajině musí být odběrová zařízení příhodně umístěná, protože při nízkém úhrnu atmosférických srážek je důležité zachytit dostatečné množství vzorku k analýze. Při intenzivním úhrnu srážek je nutno zamezit možným ztrátám vzorku. Z toho důvodu by nádoba k odběru vzorků měla mít dostatečný objem a zároveň by měla splňovat určité podmínky – odolnost materiálu (Krupa, 2002).

V současnosti je částečně přehlížen vývoj metod pro odebrání sněhových vzorků. Věda sice usiluje o vznik vhodného zařízení k odběru vzorků, ale všechna snaha dodnes nepřinesla vyhovující výsledek. Sněhové vzorky jsou nadále brány z plastové desky, která je situována na zemském povrchu. V jiném případě se provádí odběr sněhového jádra, který dovoluje rozbor vzorků z více sněhových příhod (Krupa, 2002).

3.5.1 Odběr vzorků mokré depozice - vertikální

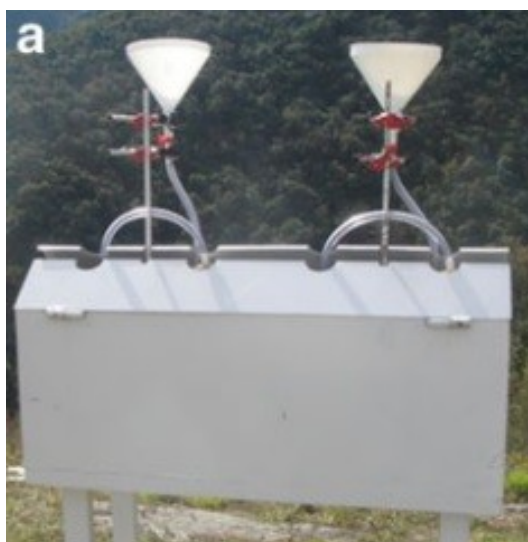
U vertikálních srážek mokré depozice můžeme uskutečnit odběr vzorků několika různými způsoby. Jedním ze způsobů je takzvaná metoda „wet-only“, kterou znázorňuje

obr. č. 9. Vzorek srážek je odebrán za pomoci automatického pluviokolektoru. Ten dává možnost odebrat vzorky jen v době srážkové události. Pluviokolektor se uvádí do činnosti po dopadu dešťové kapky na čidlo, kdy se otevře kryt nad nálevkou určenou pro odběr vzorku. Tímto je odebrán jen vzorek čisté srážky bez částic prachu suché depozice. (Izquierdo, 2012)



Obrázek 9: Odběr vzorků metodou „wet-only“ (Izquierdo, 2012)

Častěji se používá metoda odběru vzorků typu „bulk“, jelikož je metoda „wet-only“ finančně náročnější. Takto se měří celková depozice, protože zařízení určené k odběru vzorků je trvale otevřeno (obr. č. 10). Kromě srážek mohou být v zařízení shromažďovány i částice suché depozice uložené v přístroji v období beze srážek. Může však nastat, za určitých klimatických podmínek, potíž se změnou koncentrací zkoumaných látek, kterou způsobí výpar vody z přístroje určeného k odběru (Krupa, 2002).



Obrázek 10: Odběr vzorků metodou „bulk“ (Izquierdo, 2012)

Posledním způsobem je metoda „throughfall“, která umožňuje odběr vzorků vertikálních srážek a zároveň i suchého spadu. Tento postup je založen na odběru vzorků spadu v lesních porostech (obr. č. 11). To vše za předpokladu, že velký podíl suchého spadu ulpí v korunách stromů a v době srážkové události je vymýván a dále obohacuje vzorek srážky. Ve volné krajině (nezalesněném terénu) jsou tedy konečné koncentrace látek ve vzorku na rozdíl od zalesněné krajiny o mnoho nižší (Krupa, 2002).



Obrázek 11: Odběr vzorků metodou „throughfall“ (www.udel.edu)

Je tedy důležité odlišovat odběr vzorků v nezalesněném a zalesněném terénu. Pro posuzování depozičních chodů látek ve vybrané lokalitě jsou zařízení pro odběry umísťována jak v nezalesněné krajině, tak i v lesním porostu. Pro odběrová zařízení je velmi důležité najít vhodnou lokalitu, nádoba musí být umístěna ve správné výšce nad zemským povrchem. U lesních porostů musíme rozlišit druhové zastoupení (jehličnatý či listnatý porost).

3.5.2 Odběr vzorků mokré depozice - horizontální

Odebírání vzorků horizontálního spadu je prováděno pomocí mlhoměrů. Mlhoměry jsou buď aktivní nebo pasivní. Aktivní zařízení určené k odběru depozice se uvádí do činnosti, pokud nastane tak velké snížení viditelnosti, že se tento meteorologický úkaz dá popsat jako mlha. Následně se aktivuje nabírání vzduchu do tunelu (aerodynamického), ve kterém dojde k hromadění vodních kapek na teflonové filtry. Vodní kapky pak stékají do nádoby určené k odběru vzorků. Veškeré díly tohoto zařízení, jež jsou v přímém styku

s kapkami mlhy, jsou vyrobeny z teflonu (voděodolný) nebo polyetylenu – odolný vůči chemickým látkám (Gryniewicz et al., 2002).

Pasivní zařízení určené k odběru mokré depozice je proti aktivnímu zařízení jednodušší. Zařízení jsou opatřena typickým horizontálně umístěným talířem s teflonovými strunami pro zadržení kapek vody, které jsou obsaženy v mlze. Při tomto odběru vzorků však může dojít ke kontaminaci, neboť daný přístroj je vystaven nepřetržitému působení a dochází k sedimentaci jistého množství suchého spadu. Z toho důvodu je velmi důležité odběrové zařízení zachovávat v čistotě (Skarzynska et al., 2006).

3.6 Rozbor odebraných vzorků

Rozbor odebraných vzorků srážek se uskutečňuje převážně v denních, týdenních nebo měsíčních intervalech. Většinou jde o vzorky srážek, které byly odebrány v průběhu více srážkových událostí, avšak je možno provést odběr vzorků i samostatných srážkových epizod. Vzorky odebrané ze srážek jsou svým charakterem mírně mineralizované roztoky, a proto při práci s nimi musíme velmi dbát na čistotu, protože může dojít ke znečištění a následně může být chybně stanovena analýza odebraných vzorků (Gryniewicz et al., 2002).

Mezi parametry nejčastěji stanovované ve srážkách patří konduktivita, pH a koncentrace hlavních iontů. V případě aniontů jde zejména o $(\text{SO}_4)^{2-}$, $(\text{NO}_3)^-$, $(\text{Cl})^-$, $(\text{F})^-$, v případě kationtů jde zejména o $(\text{NH}_4)^+$, $(\text{Mg})^{2+}$, $(\text{Ca})^{2+}$, $(\text{Na})^+$, $(\text{K})^+$. Dále bývají stanovovány i kovy Mn, Zn, Ni, Fe a Cd. Mezi postupy, které jsou nejvíce používány ke zjištění koncentrace hlavních iontů, patří iontová chromatografie, neutronová aktivační analýza a atomová absorpční spektrometrie (Vysoudil, 2002).

3.7 Metody mineralogické a chemické analýzy

Metody mineralogické analýzy stojí na zkoumání minerálů na základě jejich stavby. Metody chemické analýzy nám dovolují stanovovat chemické složení minerálů. Těchto metod je více a mají rozdílnou citlivost stanovení.

3.7.1 RTG difrakční analýza

Rentgenová difrakční analýza neboli RTG je metoda, která určuje fázové a strukturní složení pevných krystalických látek pomocí rentgenového záření. RTG difrakce je založená na vzájemném působení rentgenového záření s elektrony atomů. Každá z krystalických látek má svůj specifický difraktogram a podle něj ji můžeme přesně určit (Kopecká a Nejedlý, 2005).

Rentgenová difrakce je technologicky na velmi vysoké úrovni. Jedná se o nedestruktivní techniku pro rozbor velké řady materiálů (kovy, minerály, plasty, keramické materiály, atd). Rentgenová difrakce je nepostradatelná metoda pro průmysl a výzkum. Lze určit kvantitativní nebo kvalitativní fázovou strukturu vzorku, druh či velikost krystalických látek (www.bruker-sro.cz).

RTG difrakce je experimentálně relativně snadná. Tato metoda se na práškových vzorcích využívá u mnoha analytických postupů, např. pro fázovou analýzu, studium tenkých vrstev a strukturní analýzu. Když je určení struktury realizováno z polykrystalických (práškových) údajů, mluvíme o RTG strukturní analýze práškové (www.fns.uniba.sk).

U práškové RTG analýzy můžeme měřit vzorky práškové i kompaktní. Práškové vzorky jsou zkoumány na skleněných držácích. RTG analýza je metoda, která se používá k určení mineralogického neboli fázového složení látek, které jsou krystalické povahy. Rentgenové záření dopadá na krystal, dojde k rozptýlení záření a následně dochází k difrakci. Díky změněnému záření můžeme určit krystalové rozměry i tvar krystalové mřížky (www.xray.cz).

RTG difrakční analýza byla provedena na přístroji Bruker – AXS D8 Advance v laboratoři Institutu čistých technologií (ICT, VŠB – TU Ostrava). Analýzy provedl Dr. Ing. D. Matýsek za následujících podmínek: $2\theta/\theta$ geometrie měření, s detektorem LynxEye, záření $\text{CoK}\alpha/\text{Fe}$, resp. $\text{CuK}\alpha/\text{Ni}$, 40kV, 40 mA, krok $0,014^\circ$, čas na kroku 0,25s, suminace min. 5 opakovaných měření. Vyhodnocení bylo provedeno metodou kvalitativní – Bruker Difffrac.Eva, a semikvantitativní Rietveldovou metodou – Bruker Topas verze 4.2. Výsledky semikvantitativních analýz jsou vztaženy na sumu 100% krystalických fází, amorfni složky byly zanedbány.

3.7.2 Fázová chemická analýza částic

Fázová analýza částic musí být použita pro nejvhodnější volbu morfologicko-chemických charakteristik ke stanovení zdroje kontaminace. Samotné chemické složení PM₁₀ je nedostatečné, protože velká řada prvků má stejné zdroje výskytu, a proto je možné zdroj stanovit pouze na základě fázového rozlišení. (Vodárek, 2010).

Pro fázovou analýzu částic byla využita elektronová mikroskopie (SEM), rozšířena o analyzátor energiově disperzní (EDX) a analyzátor vlnově disperzní (WDX).

Skenovací elektronová mikroskopie (SEM) bývá nazývána také jako rastrovací elektronová mikroskopie. Tento přístroj se používá k pozorování povrchů zkoumaných předmětů (práškové až velkoobjemové) při velkém zvětšení (Čech a Barabaszová, 2012). Používá pohyblivý svazek elektronů, který vyvolá fyzikální signál. Velkým pozitivem skenovacího elektronového mikroskopu (na rozdíl od světelného) je to, že má velkou hloubku ostrosti a z toho důvodu můžeme v dvojrozměrném znázornění najít trojrozměrný aspekt (3D obrazy). Obraz se vytváří za pomoci zpětně odražených elektronů. Ty disponují energií porovnatelnou s energií primárního svazku. Elektrony vycházejí z velké hloubky a poskytují informaci o změnách sekundárních elektronů, které disponují nízkou energií a rychlostí, nebo o změnách materiálu. Zobrazení pomocí skenovacího elektronového mikroskopu je proto pokládáno jako nepřímá metoda. Kladem tohoto přístroje je, že při vzájemném působení elektronů (urychlených) se vzorkem, nastává série dalších signálů například Augerovy elektrony, katodoluminiscence a RTG záření, které přinášejí nové údaje o zkoumaném vzorku (Nebesářová 2001).

Skenovací elektronová mikroskopie je využívána v mineralogii, biologii, fyzice, chemii a v dalších přírodovědeckých oborech. V současnosti je nezbytným vybavením všech biologických laboratoří. Elektronové mikroskopy mají vysokou rozlišovací schopnost a tím jsou vhodné ke studiu virů, částí buněk a také pomáhají zkoumat strukturu a povrch krystalů různých materiálů (Nebesářová, 2001).

4 Vliv srážek na depozici

Atmosférické srážky jsou výsledkem zkapalňování par v ovzduší nebo na jakýchkoliv površích. Rozeznáváme dva druhy srážek. Srážky kapalné (déšť, mlha) nebo tuhé srážky (sníh, jinovatka).

Chemismus atmosférických srážek se tvoří dvěma způsoby. Prvním způsobem dochází k vymývání aerosolů a dalších látek v oblaku. Druhým způsobem dochází k vymývání pod oblakem. Vymývání pod oblakem je závislé na úhrnu srážek, době trvání srážek a na intenzitě srážek. (Poschl, 2002)

Procesy vymývání (vnitrooblačné) se odehrávají v mracích, kde kapky vznikají kondenzací vodní páry na prachových částicích. Také můžou přijímat látky z okolní atmosféry. Vodní kapky se však mohou opět vypařit a prachová částice je opět vypuštěna do ovzduší.

Procesy vymývání (podoblačné) se odehrávají tím způsobem, že pokud vodní kapka dosáhne dostatečného objemu, může z mraků vypadnout. Cestou může strhávat tuhé částice nebo může pohlcovat chemické látky z plynné složky. Vymývání částic z ovzduší atmosférickými srážkami (deštěm) je více závislé na velikosti prachových částic než na velikosti vodních kapek. Tyto dva procesy se odehrávají i s ostatními kondenzovanými druhy vod, jako jsou například sněhové vločky nebo kapky mlhy (Poschl, 2002). U spadu, který je zprostředkován sněhovými vločkami se proces odlišuje, látky z ovzduší nejsou rozpuštěny ve vodní kapce, ale jsou přichyceny na povrchu sněhových vloček.

Sněhové vločky mají jistý charakteristický povrch a soudí se tedy, že sněhem je ovzduší vymýváno lépe než vodními srážkami (Wania & Mackay, 1996)

Spodní vrstva atmosféry, která není znečištěna, má v průměru toto složení 78,09 obj. % dusíku, 20,95 obj. % kyslíku, 0,93 obj. % argonu, 0,03 obj. % CO₂ a v malém množství další plyny. Mimo těchto popsaných složek se v ovzduší nalézají také znečišťující látky, které jsou buď přírodní (například částice pudy, pylu) nebo antropogenní (například průmyslové emise, spalování fosilních paliv).

V atmosféře se nachází sloučeniny síry zejména SO_2 a také směs oxidů dusíku označená No_x , tyto složky jsou hlavní škodlivinou, která způsobuje acidifikaci vod, jak atmosférických tak povrchových.

Dále se v ovzduší nachází například amoniakální dusík, chloridy, sloučeniny uhlíku a ostatní anorganické komponenty (Pitter, 2009).

Chemismus srážek je závislý na znečištění ovzduší a na jeho složení ve spodní a střední vrstvě. Největší znečištění ovzduší a srážkových vod registrujeme v okolí velkých průmyslových aglomerací a v hustě obydlených oblastech. Nejmenší znečištění je v horských oblastech, pokud zde nemá vliv transport škodlivin ze vzdálených průmyslových aglomerací (Pitter, 2009).

5 Výsledky mineralogického rozboru

Mineralogické metody, například RTG difrakční analýza, slouží k určování fázového a strukturního složení pevných krystalických látek pomocí RTG záření.

Skenovací elektronová analýza SEM je využívána v mineralogii, a také v dalších přírodovědeckých odvětvích. Zkoumá strukturu a povrch krystalů různých materiálů. Identifikaci minerálních fází lze dále využít pro následující výzkumy.

5.1 Identifikace přítomných minerálních fází

Všechny odebrané vzorky jsou směsí minerálních fází a obsahují minerální částice v různých poměrech. Minerální částice jsou rozděleny do čtyř skupin podle jejich geneze. První skupinou jsou resuspendované částice (například křemen a albit), dalšími skupinami jsou částice z metalurgie (hematit, magnetit), sekundární částice (sádrovec, boussingaultite) a karbonáty (kalcit, magnezit).

5.1.1 Resuspendované částice

Resuspendované částice jsou postupně uvolňovány ze zemského povrchu větrnou erozí. Velký vliv na zviřování částic z povrchu komunikací má také průjezd vozidel. V ovzduší se nachází také jemný prach, který vzniká z otěru pneumatik, otěru brzd a spojky. Na množství resuspendovaných částic má také vliv četnost posypů komunikací v zimních obdobích. Navrhuje se používat posypový materiál na komunikacích co nejméně a následně tento materiál po roztátí sněhu co nejrychleji z komunikací odklidit, aby se zabránilo zviřování částic.

K nalezeným minerálům (obr. č. 12) v odebraných vzorcích ve sledovaných lokalitách patří:

Křemen, chemický vzorec SiO_2 , patří do skupiny silikátů (tektosilikáty), soustava trigonální/hexagonální. Je přítomen ve většině petrografických typů hornin a v půdách (Pellant, 2005). Používá se jako surovina - křemenné písky (ve stavebnictví, hutnictví, výroba skla). Ve vysokoteplotních technologických procesech (spalování, tavení) vzniká tzv. vysokoteplotní křemen – cristobalit.

Ortoklas, chemický vzorec $K[AlSi_3O_8]$, patří do skupiny silikátů (tektosilikáty), soustava monoklinická. Je přítomen v kyselých vyvřelých horninách (žule a ryolitu) v metamorfovaných horninách (ruly) i v některých sedimentárních horninách a půdách. Používá se ve sklářském a keramickém průmyslu (Pellant, 2005).

Mikroclin, chemický vzorec $KAlSi_3O_8$, patří do skupiny silikátů (tektosilikáty), soustava triklinická. Je přítomen v granitech (Pellant, 2005). Používá se v keramickém průmyslu (Korbel, Novák 2004).

Albit, chemický vzorec $Na[AlSi_3O_8]$, patří do skupiny silikátů (tektosilikáty), soustava triklinická. Vyskytuje se ve vyvřelých, metamorfovaných (ruly) a sedimentárních horninách i v půdách (Pellant, 2005).

Kaolinit, chemický vzorec $Al_2Si_2O_5(OH)_4$, patří do skupiny silikátů (fylosilikáty), soustava triklinická. Vzniká zvětráváním draselných živců. Patří mezi jílové minerály a je významnou složkou půd. Používá se při výrobě porcelánu a barev (Pellant, 2005).

Muskovit, chemické složení $KAl_2(OH,F)_2AlSi_3O_{10}$, patří do skupiny silikátů (fylosilikáty), soustava monoklinická. Vyskytuje se ve vyvřelých horninách (granity) a metamorfovaných horninách (krystalické břidlice) a v půdách. Používá se jako izolační materiál (Korbel, Novák 2004).



Obrázek 12: Křemen, ortoklas, kaolinit, mikroclin, albit a muskovit

5.1.2 Částice produkované během metalurgických procesů

Částice z metalurgie zahrnují minerály, které vznikají v průběhu metalurgických procesů či minerály, jenž se používají k těmto procesům jako vstupní suroviny. Velký vliv na kontaminaci ovzduší mají emise tuhých látek. Ve sledovaných lokalitách Moravskoslezského kraje se v polétavém prachu vyskytují oxidy železa (magnetit, hematit). Částice se do ovzduší dostávají v důsledku průmyslové činnosti, například při spalování fosilních paliv, důsledkem dopravy, činností oceláren, vysokých pecí a aglomerace.

K nalezeným minerálům (obr. č. 13) v odebraných vzorcích ve sledovaných lokalitách patří:

Hematit, chemický vzorec Fe_2O_3 , patří do skupiny oxidů, soustava trigonální/hexagonální. Hematit je nejdůležitější železná ruda, která se používá k výrobě Fe (Korbel a Novák 2004).

Magnetit, chemický vzorec Fe_3O_4 , patří do skupiny oxidů, soustava kubická. S hematitem jsou nejdůležitější rudou železa (Pellant, 2005).

Maghemit, chemický vzorec Fe_2O_3 , patří do skupiny oxidů, soustava krychlová. Vzniká oxidací magnetitu a bývá součástí limonitu. Maghemit tvoří žlutý pigment v sedimentech (Vávra, 2013).

Chromit, chemický vzorec FeCr_2O_4 , patří do skupiny oxidů, soustava krychlová. Chromit je používán ve směsi s křemenem jako žáruvzdorný materiál k výrobě slévarenských forem (Pellant, 2005).

Akermanit, chemické složení $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, patří do skupiny silikáty (sorosilikáty), soustava tetragonální. Minerál akermanit pochází z hutní výroby (Pellant, 2005).

Grafit, chemická značka C, patří do skupiny ryzích prvků, soustava trigonální/hexagonální (Pellant, 2005). Používá se jako nosič uhlíku v práškové metalurgii.

Wüstit, chemický vzorec FeO , patří do skupiny oxidů, soustava kubická. Obvykle se také vyskytuje v některých druzích průmyslových strusek. Wüstit obvykle tvoří mikroskopická zrna (Vávra, 2013).

Syngenit, chemické složení $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O$, tvoří krystaly, přesný původ není znám, může však vznikat při spalování uhlí a při výrobě cementu. Částice se do ovzduší dostávají například při manipulaci se stavebním materiálem – míchací procesy (Xie a Seip, 2004).

Mayenite, chemický vzorec $C_{12}A_7$, je běžnou součástí portlandského cementu. Vzniká při spalování uhlí nebo v metalurgii jako součást strusky (Andreas a Diener, 2014).

Spinel, chemický vzorec $MgAl_2O_4$, patří do skupiny oxidů, soustava kubická. Vzniká především v metamorfovaných horninách, a také ve vyvřelých bazických horninách. Spinely jsou oblíbené klenotnické kameny (Korbel a Novák 2004).



Obrázek 13: Hematit, magnetit, maghemit, chromit, akermanit, grafit, wüstit, syngenit a spinel

5.1.3 Sekundární částice

Sekundární minerály obsahují částice, které vznikly v ovzduší na bázi chemických reakcí a fyzikálních procesů (kondenzace) nebo vznikají evaporací dešťové vody. Sekundární částice tvoří většinu jemné frakce znečištění na zemském povrchu.

K nalezeným minerálům v odebraných vzorcích ve sledovaných lokalitách patří:

Sádrovec, chemický vzorec $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, patří do skupiny sulfáty, soustava monoklinická (Pellant, 2005). Používá se jako součást stavebních hmot a v chemickém průmyslu (Korbel a Novák 2004).

Bassanit, chemické složení $2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, při působení vlhkosti vzduchu bassanit hydratuje až na sádrovec. Nachází se často ve směsi se sádrovcem. Bassanit bývá identifikován na hořících haldách (Vávra, 2013).

Halit, chemický vzorec NaCl , patří do skupiny halogenidů, soustava kubická. Vzniká evaporací mořské vody. Vyskytuje se společně s dalšími evapority (sádrovec, dolomit). Halit se využívá v potravinářském a chemickém průmyslu (Pellant, 2005).

Sylvit, chemický vzorec KCl , patří do skupiny halogenidů, soustava kubická. Vzniká evaporací ze solných roztoků. Vyskytuje se společně s halitem, sádrovcem a dalšími minerály. Minerál sylvit je součástí draselných hnojiv (Pellant, 2005).

Boussingaultite, chemický vzorec $(\text{NH}_4)_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6(\text{H}_2\text{O})$, minerál vytváří krystaly. Můžeme jej identifikovat na hořících haldách (www.webmineral.com).

Epsomit, chemické složení $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, patří do skupiny sulfátů, soustava romboická. Vzniká v důlních chodbách, krystalizací ze solných jezer nebo v dutinách vápenců. Využívá se v chemickém a potravinářském průmyslu (Pellant, 2005).

Salmiak, chemický vzorec NH_4Cl , patří do skupiny halogenidů, soustava kubická. Vyskytuje se na hořících uhelných haldách. Jeho původ je organický nebo anorganický, formuje se v místech, kde sopečná láva překryla rostlinnou vegetaci (Korbel a Novák 2004).



Obrázek 14: Sádrovec, bassanit, halit, sylvit, epsomit a salmiak

5.1.4 Karbonáty

Karbonáty (uhličitany) jsou obsaženy v půdách a patří k běžným minerálům vyskytujících se v zemské kůře nebo eventuálně také mohou být součástí různých stavebních materiálů. Můžeme je také zařadit k resuspendovaným částicím. Vápenec se přidává jako vsázka do vysoké pece, kde má vlastnost struskotvorné přísady.

K nalezeným minerálům v odebraných vzorcích ve sledovaných lokalitách patří:

Magnezit, chemický vzorec MgCO_3 , patří do skupiny karbonátů, soustava trigonální/hexagonální (Pellant, 2005). Používá se k výrobě žáruvzdorných materiálů, v papírenském a keramickém průmyslu (Korbel a Novák 2004).

Kalcit, chemický vzorec CaCO_3 , patří do skupiny karbonátů, soustava trigonální/hexagonální. Je přítomen v horninách, a to zejména sedimentárních, je primárním minerálem v půdách. Používá se v průmyslu stavebních hmot a jako složka vápence v metalurgickém průmyslu – struskotvorné přísady (Pellant, 2005).

Siderit, chemický vzorec FeCO_3 , patří do skupiny karbonátů, soustava trigonální/hexagonální.

Dolomit, chemický vzorec $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, patří do skupiny karbonátů, soustava trigonální. Využívá se jako stavební kámen, vyskytuje se jako primární minerál v půdách (Pellant, 2005).



Obrázek 15: Magnezit, kalcit, siderit a dolomit

5.2 Porovnání výskytu minerálních fází v závislosti na vzorkovaném období

Vzorkovacím obdobím byla zima 2013, léto 2014 a zima 2014. V tomto období byly odebírány vzorky celkové prašné depozice (TSP) v deseti různých lokalitách (Příloha 11). V následujících tabulkách (14 – 23) jsou uvedeny základní statistické parametry pro každou lokalitu vypočtené ze tří odběrů.

V Ostravě – Radvanicích bylo v létě 2014 ve vzorcích identifikováno největší hematitu (39,6 %). V nejmenším množství se v zimě 2014 vyskytoval magnetit (5,3 %). Průměrně tvoří minerály Fe až 55 % z celkové krystalické fáze (tabulka 14).

Tabulka 14: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Radvanicích

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	8,31	14,32	10,65	2,63
Sádrovec	14,11	31,13	23,67	7,10
Basanit	2,40	2,40	2,40	
Hematit	26,79	39,56	33,45	5,23
Magnetit	17,17	26,72	21,41	3,97
Halit	0,93	1,01	0,97	0,04
Grafit	1,00	1,29	1,15	0,15
Boussingaultite	8,13	9,51	8,82	0,69
Kalcit	2,16	2,90	2,53	0,37
Magnesit	5,32	5,32	5,32	

V Ostravě – Mariánských Horách byl v TSP ve sledovaném období v největším množství identifikován kalcit (40 %). Fe – minerální fáze tvořily průměrně pouze 21 %, ostatní fáze vázané na metalurgickou činnost tvořily 13 %.

Tabulka 15: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Mariánských Horách

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	1,90	19,42	12,70	7,71
Sádrovec	15,58	17,76	16,38	0,98
Hematit	7,27	11,94	9,46	1,92
Magnetit	2,75	14,45	8,82	4,79
Halit	3,11	3,11	3,11	
Grafit	0,54	3,04	1,79	1,25
Boussingaultite	0,30	0,30	0,30	
Kalcit	32,31	48,28	40,33	6,52

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Ortoklas	1,68	1,68	1,68	
Salmiak	3,91	3,91	3,91	
Spinel	1,22	1,22	1,22	
C ₁₂ A ₇ Mayenite	4,50	5,89	5,19	0,70
Chromit	4,08	4,08	4,08	
Wustit (FeO)	2,20	2,20	2,20	
Hexahydrit	13,02	13,02	13,02	

V Ostravě – Porubě byl v TSP jako majoritní minerál křemen (60,2 %). Maximální obsah byl zjištěn v letním odběru. V této lokalitě byl křemen ve všech sledovaných obdobích přítomen v nejvyšším množství. Částice z vysokoteplotních procesů a metalurgie nebyly v Ostravě – Porubě vůbec identifikovány. Na odběrovém místě se projevil převážně vliv eroze půd z bezprostředního okolí odběrového místa.

Tabulka 16: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Porubě

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	34,45	60,23	43,66	11,74
Sádrovec	12,35	16,22	14,69	1,68
Basanit	2,98	2,98	2,98	
Halit	10,20	17,11	13,66	3,46
Boussingaultite	11,21	11,21	11,21	
Siderit	1,98	1,98	1,98	
Ortoklas	5,27	5,27	5,27	
Mikroclin	6,80	6,80	6,80	
Albit	7,56	15,71	10,34	3,80
Kaolinit	4,39	4,39	4,39	
Muskovit	3,21	6,50	5,21	1,43
Chlorit IIb	1,36	2,46	1,91	0,55
Lecontite	2,67	2,67	2,67	
Magnesit	13,79	13,79	13,79	
Epsomit	2,73	2,73	2,73	

Celková prašná depozice z Karviné obsahovala převážně křemen, v největším množství byl identifikován v letním odběru (63,1 %). Nejméně byly zastoupeny karbonáty, kalcit (2,7 %) a to pouze v zimě 2014. Zvláštností této lokality je identifikace minerálu syngenitu (60 %), který vzniká při metalurgických procesech.

Tabulka 17: Výsledky zastoupení minerálních částic v Karviné

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	22,81	63,05	39,19	17,26
Sádrovec	4,16	29,26	13,82	11,03
Hematit	3,93	8,60	6,27	2,34
Magnetit	4,55	11,90	8,23	3,68
Halit	3,23	8,05	5,64	2,41
Sylvit	7,19	7,19	7,19	
Boussingaultite	7,75	7,75	7,75	
Kalcit	2,66	2,66	2,66	
Albit	5,29	20,60	12,95	7,66
Muskovit	4,86	7,90	6,38	1,52
Chlorit IIb	4,60	4,60	4,60	
Syngenit	59,97	59,97	59,97	

V Havířově bylo ve vzorcích identifikováno druhově nejvyšší množství resuspendovaných částic (křemen, kalcit, dolomit, ortoklas, mikroklin, albit, muskovit, chlorit). Částice byly pravděpodobně transportovány větrnou erozí z nedalekého pole. I v této lokalitě byly identifikovány minerální fáze typické pro metalurgickou výrobu: hematit, magnetit, grafit.

Tabulka 18: Výsledky zastoupení minerálních částic v Havířově

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	21,02	59,35	36,44	16,52
Sádrovec	2,63	35,55	18,11	13,51
Hematit	7,13	14,86	10,11	3,40
Magnetit	5,05	13,58	8,14	3,86
Halit	6,58	6,58	6,58	
Grafit	0,81	0,81	0,81	
Boussingaultite	6,30	6,30	6,30	
Kalcit	4,39	4,39	4,39	
Dolomit	6,70	6,70	6,70	
Ortoklas	0,40	0,40	0,40	
Mikroklin	5,79	8,93	7,36	1,57
Albit	5,22	9,21	7,22	2,00
Muskovit	1,33	4,96	3,15	1,82
Chlorit IIb	1,96	1,96	1,96	
Lecontite	11,62	11,62	11,62	0,00
Magnesit	4,69	6,14	5,41	0,73

V Třinci se vyskytovaly ve všech sledovaných obdobích v největším množství částice z metalurgie. Největší zastoupení zde měl minerál hematit (30,6 %) v zimě 2014. Nejméně byly ve vzorcích zastoupeny sekundární částice, z nich se nejvíce vyskytoval sádrovec (9,2 %) a to v zimě 2014.

Tabulka 19: Výsledky zastoupení minerálních částic v Třinci

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	12,42	36,55	27,93	10,99
Sádrovec	4,08	9,23	7,24	2,26
Hematit	14,81	30,58	24,92	7,17
Magnetit	17,13	22,88	20,00	2,88
Maghemit	12,60	12,60	12,60	
Halit	1,39	1,39	1,39	
Kalcit	3,78	24,51	14,14	10,36
Ortoklas	0,30	0,30	0,30	
Albit	4,22	11,80	7,22	3,29
Muskovit	0,76	1,08	0,92	0,16
Chlorit IIb	1,09	1,09	1,09	
Syngenit	19,95	19,95	19,95	

V Třinci – Oldřichovicích byly v největší míře identifikovány resuspendované částice, zejména v největším množství nalezený křemen (52,9 %) v létě 2014. I zde byly identifikovány minerály, jejichž zdrojem je metalurgická činnost (hematit, magnetit a akermanit), průměrný obsah se pohyboval okolo 32 %.

Tabulka 20: Výsledky zastoupení minerálních částic v Třinci – Oldřichovicích

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	27,62	40,27	31,93	5,90
Sádrovec	8,91	27,89	20,74	8,42
Basanit	2,41	6,06	4,24	1,83
Hematit	17,99	19,64	19,02	0,73
Magnetit	11,85	15,71	13,38	1,68
Halit	1,69	3,71	2,70	1,01
Kalcit	2,07	4,58	3,33	1,26
Albit	3,05	23,07	10,02	9,23
Muskovit	6,83	6,83	6,83	
Chlorit IIb	3,51	3,51	3,51	
Akermanit	2,11	2,11	2,11	

Ve Frýdku-Místku byly ve vzorcích nalezeny v největším množství resuspendované částice, největší obsah dosahoval křemen (41,8 %) v létě 2014. I na této lokalitě byly identifikovány minerály, který souvisí s metalurgickou činností (hematit, magnetit a syngenit). Syngenit se vyskytoval také v celkové prašné depozici z Trínce. Významné je i množství sekundárních minerálů identifikace fáze lecontite, která může vznikat rekrystalizací, ale využívá přítomnosti amonných iontů, jejichž zdrojem je doprava.

Tabulka 21: Výsledky zastoupení minerálních částic ve Frýdku-Místku

Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	23,15	41,82	32,34	7,62
Sádrovec	16,42	24,16	20,76	3,23
Basanit	6,78	6,78	6,78	
Hematit	4,44	7,23	6,30	1,31
Magnetit	1,92	6,69	4,26	1,95
Halit	7,83	13,66	10,75	2,92
Sylvit	0,51	0,51	0,51	
Boussingaultite	12,13	12,13	12,13	
Kalcit	4,32	4,32	4,32	
Dolomit	3,32	3,32	3,32	
Salmiak	4,06	4,06	4,06	
Albit	2,49	16,18	7,72	6,04
Muskovit	2,91	10,73	6,03	3,38
Chlorit IIb	1,75	1,89	1,82	0,07
Lecontite	1,67	1,67	1,67	
Magnesit	2,18	2,18	2,18	
Syngenit	8,96	8,96	8,96	

V Ostravici byly ve sledovaném období identifikovány nejvíce minerály, které tvoří resuspendované částice. Největší koncentrace byla zjištěna u křemene (59,8 %), v létě 2014. V této lokalitě bylo identifikováno nejmenší množství minerálů, které pochází z metalurgie, ale mohou pocházet i ze spalování fosilních paliv (magnetit). Průměrně se na lokalitě vyskytovalo 2,1 % těchto částic.

Tabulka 22: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravici

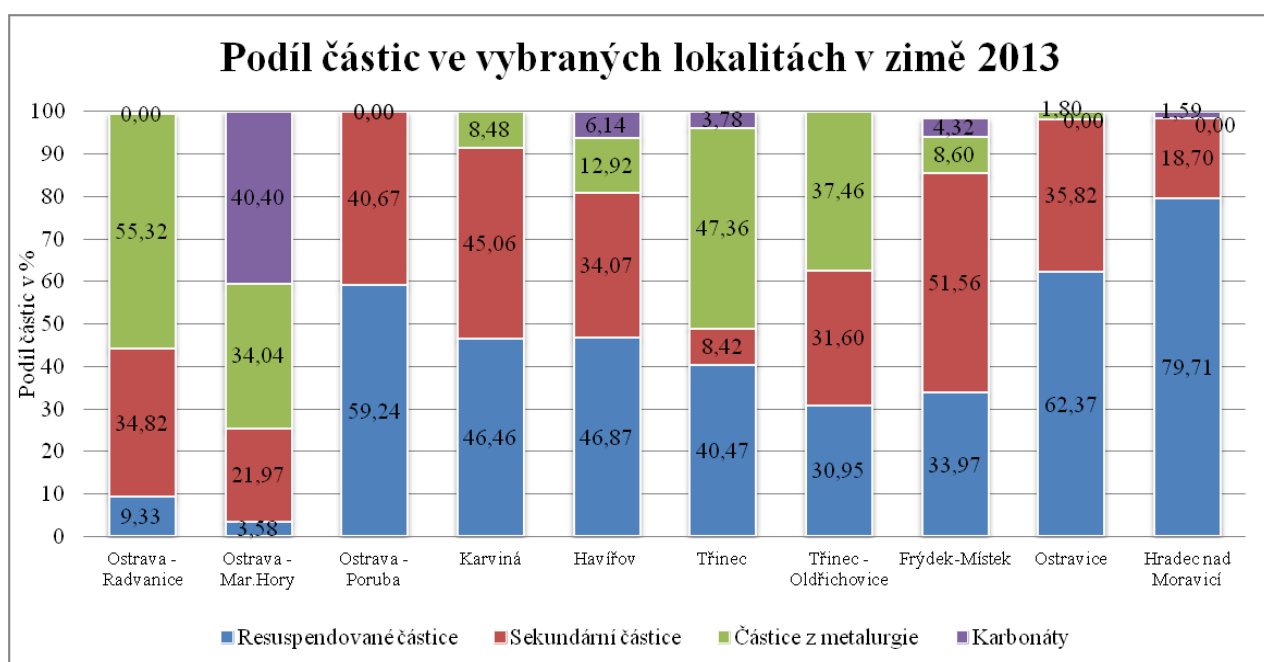
Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	22,45	59,81	40,21	15,31
Sádrovec	8,03	20,82	15,26	5,35
Basanit	4,33	8,74	6,54	2,21
Hematit	0,35	1,29	0,82	0,47
Magnetit	1,15	1,45	1,30	0,15
Halit	0,38	0,80	0,59	0,21
Boussingaultite	14,62	19,12	16,87	2,25
Kalcit	4,44	4,44	4,44	
Mikroklin	1,49	1,80	1,65	0,16
Albit	5,94	17,23	11,01	4,68
Muskovit	6,09	8,77	7,43	1,34
Chlorit IIb	2,96	3,55	3,22	0,25
Magnesit	1,81	1,81	1,81	

V Hradci nad Moravicí byly ve vzorcích v největší míře zastoupeny resuspendované částice, z nichž v největším množství byl nalezen minerál křemen (52,9 %) v létě 2014. Částice z metalurgie nebyly v žádném ze sledovaných období v lokalitě nalezeny.

Tabulka 23: Výsledky zastoupení minerálních částic v Hradci nad Moravicí

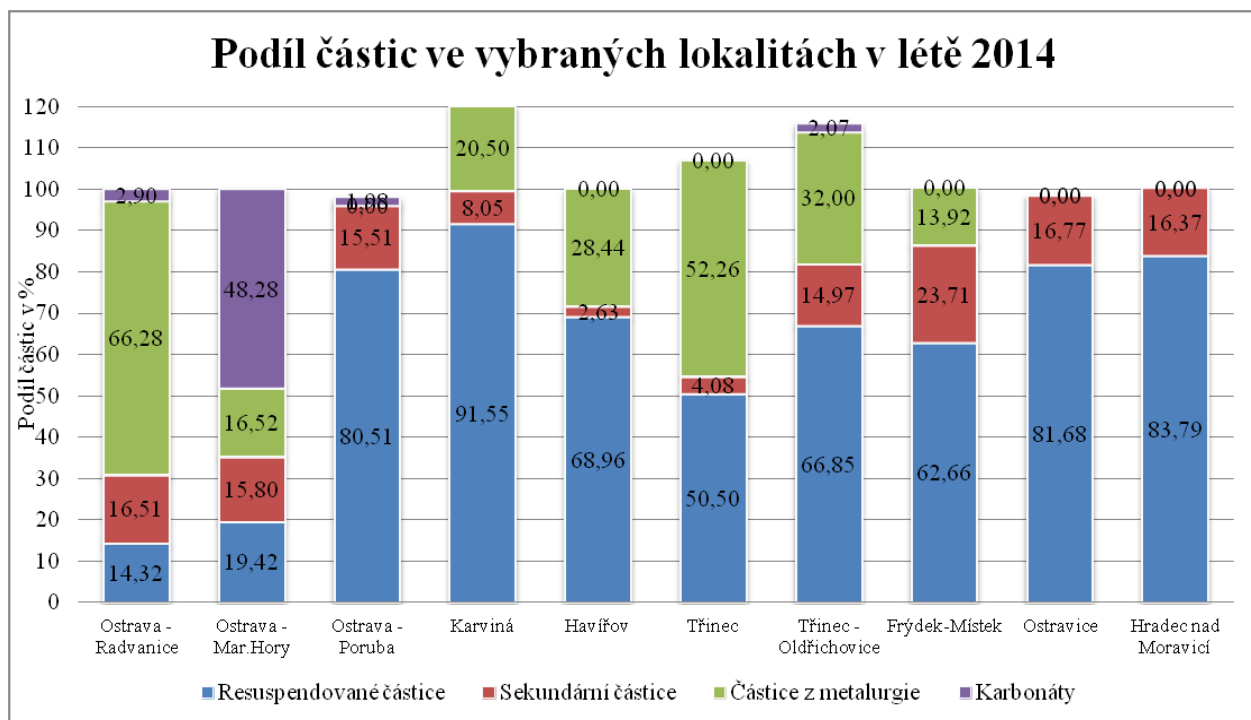
Minerály	MIN (%)	MAX (%)	Aritmetický průměr (%)	Směrodatná odchylka (%)
Křemen	46,59	52,90	50,76	2,95
Sádrovec	3,24	11,67	8,19	3,60
Basanit	0,79	13,13	6,96	6,17
Halit	0,62	0,62	0,62	
Boussingaultite	7,03	11,68	9,36	2,33
Kalcit	1,59	5,76	3,67	2,08
Mikroklin	3,49	10,39	6,94	3,45
Albit	7,75	15,76	12,22	3,34
Muskovit	2,36	12,39	7,42	4,10
Chlorit IIb	2,38	4,09	3,08	0,73
Magnesit	2,76	2,76	2,76	

Grafy 1, 2 a 3 znázorňují podíl minerálních částic v jednotlivých lokalitách ve třech sledovaných obdobích. Z grafu za zimní období 2013 je zřejmé, že nejvyšší podíl částic pocházejících z metalurgického průmyslu byl zjištěn v lokalitách Ostrava – Radvanice, Třinec, Třinec – Oldřichovice a Ostrava – Mariánské Hory. V lokalitách Ostrava – Poruba a Hradec nad Moravicí tyto částice nebyly prokázány, velmi nízká koncentrace byla zjištěna i v lokalitě Ostravice. Na této lokalitě nelze vyloučit vliv spalování fosilních paliv na produkci těchto částic. Významný je podíl sekundárních částic v lokalitách Frýdek-Místek a Ostrava – Poruba, Karviná, Ostravice. V Ostravě – Mariánských Horách byl zjištěn vysoký podíl karbonátů.



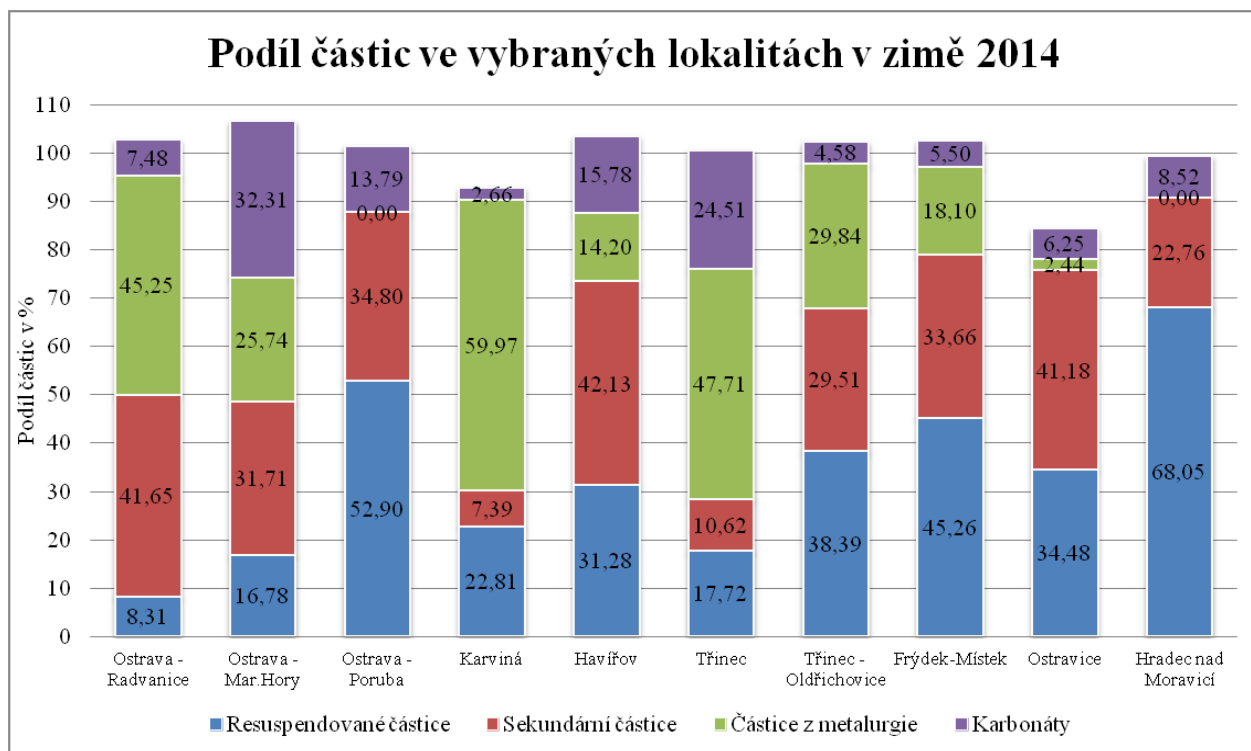
Graf 1: Podíl částic ve vybraných lokalitách v zimě 2013

V letním odběru významně (5 – 7 násobně) klesl podíl sekundárních částic v celkové prašné depozici a zvýšil se podíl resuspendovaných částic, které se uvolňují především erozí půd. Podíl částic z metalurgie se téměř na všech lokalitách zvýšil o 5 – 10 %.



Graf 2: Podíl částic ve vybraných lokalitách v létě 2014

V porovnání dvou zimních období, tzn. zima 2013 a zima 2014 byl zjištěn opět výrazný podíl částic pocházející z metalurgického průmyslu, především v lokalitách Karviná, Třinec a Ostrava – Radvanice. Tyto částice nebyly prokázány v lokalitách Ostrava – Poruba a Hradec nad Moravicí, velmi nízká koncentrace byla zjištěna i v lokalitě Ostravice. Významný je podíl sekundárních částic v lokalitách Ostrava – Radvanice, Havířov a Ostravice. V Ostravě – Mariánských Horách byl opět zjištěn vysoký podíl karbonátů. Na rozdíl od zimního období 2013 byly karbonáty identifikovány ve všech deseti vybraných lokalitách.



Graf 3: Podíl částic ve vybraných lokalitách v zimě 2014

Z výsledků mineralogické analýzy ze tří sledovaných období vyplývá, že můžeme všech deset vybraných lokalit rozdělit do tří skupin:

Lokality nejvíce ovlivněny výrazným podílem vlivu metalurgické činnosti jsou Ostrava – Radvanice, Ostrava – Mariánské Hory, Karviná, Havířov – Šumbark, Třinec, Třinec – Oldřichovice, Frýdek-Místek.

Malý vliv metalurgické činnosti byl zjištěn v lokalitě Ostravice.

Žádný vliv metalurgické činnosti nebyl zjištěn v lokalitách Hradec nad Moravicí a Ostrava – Poruba.

6 Elektronová skenovací mikroskopie (SEM) a chemická analýza částic (EDX)

Jsou to metody, které se využívají jak k pozorování povrchů zkoumaných předmětů, tak ke stanovení primárního složení vzorků. Analýzy SEM/EDX se používají v mnoha průmyslových odvětvích například ve farmacii, petrochemii, automobilovém průmyslu a v dalších odvětvích.

6.1 Elektronový mikroskop

Elektronový mikroskop je, stejně jako světelný, optické zařízení. Rozdíl mezi nimi tkví v jejich odlišných parametrech. Užívá elektrony namísto fotonů a skleněná čočka světelného mikroskopu je u elektronového mikroskopu nahrazena elektromagnetickou. Tato čočka tvoří příhodné magnetické pole. Předností elektronového mikroskopu je velká rozlišovací schopnost, a v důsledku toho má vysoký účinek zvětšení (www.geology.cz).

6.1.1 Skenovací elektronový mikroskop (SEM)

Skenovací elektronový mikroskop je zařízení, které se používá ke znázornění povrchu zkoumaného předmětu. Povrch daného předmětu se v něm, prostřednictvím úzkého elektronového svazku, znázorňuje bod po bodu. Tyto svazky se sjednocují se zkoumaným vzorkem a poskytují další signály nesoucí údaje o obsahu vzorku. Z dílčích bodů předmětu dostáváme finální obraz (Čech a Barabaszová, 2012). K tomu dochází pomocí sekundárních či odražených elektronů, které vzniknou vzájemným působením prvotních elektronových svazků se zkoumaným vzorkem. U skenovacího elektronového mikroskopu se zjišťují signály primárních elektronových svazků, uvolňující se nad povrchem vzorku. Skenovací elektronový mikroskop je opatřen detektory sekundárních a odražených elektronů a zesilovačem signálu. Zdrojem elektronů je elektronová tryska, což je katoda vysílající elektrony a anoda s otvorem v jejím středu, která tyto elektrony přitahuje a tím jim dodává dostačující rychlost pro průlet tubusem mikroskopu. Otvorem v anodě se elektrony dostávají do soustavy čoček. Funkcí elektronových čoček je, aby měl svazek elektronů co nejmenší průměr. Soustavu elektronových čoček tvoří jedna nebo dvě kondenzorové čočky a jedna čočka objektová. Nedílnou součástí skenovacího

elektronového mikroskopu je tzv. stigmátor. Jde o soustavu cívek vytvářejících nepatrné magnetické pole (www.geology.cz).

U nejvýkonnějších SEM je zdrojem elektronů autoemisní katoda s velkou životností (i několik let).

6.2 Chemická analýza částic EDX

EDX analýza částic je založena na základě energiové disperzní RTG analýzy. Tento postup se využívá ke stanovení primárního složení vzorků nebo konkrétní části vzorku. EDX analyzátor částic funguje jako ucelený mechanismus, jako nedílná část skenovacího elektronového mikroskopu SEM (www.surface-science-western.com).

V průběhu EDX analýzy částic je zasahován zkoumaný vzorek uvnitř elektronového mikroskopu elektronovými paprsky. Elektrony daného vzorku se setkají s vystřelenými elektrony a následně jsou elektrony vzorku ze svého postavení vypuzeny. Jejich místo v orbitalu pak může být zaplněno elektrony s vyšší energií (www.seallabs.com).

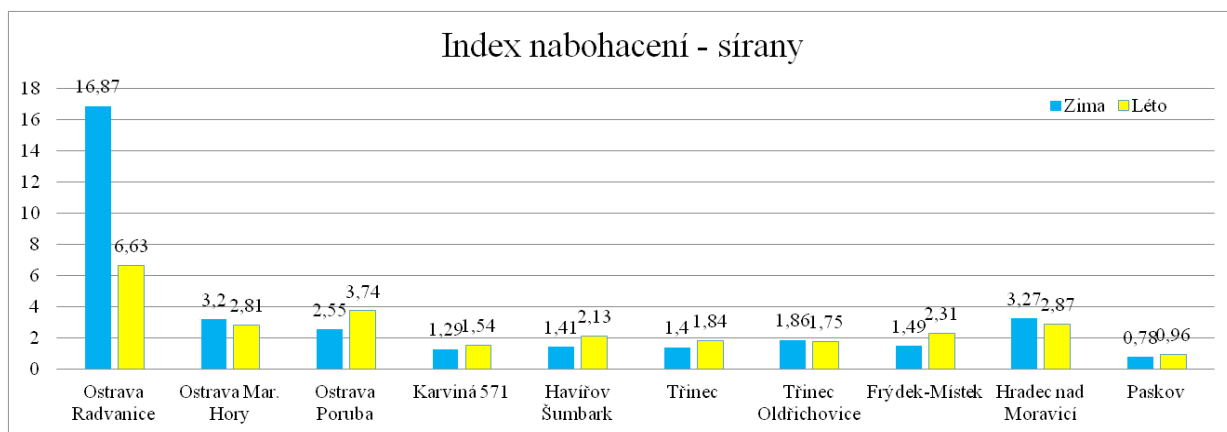
Konečnými údaji EDX analýzy částic jsou odpovídající spektra. EDX spektrum je pak oblastí, která svědčí o četnosti přijímání RTG záření pro každý stupeň energie. EDX spektrum bývá běžně vyobrazeno jako píky, které se shodují s energetickou rovinou, která absorbovala největší množství RTG záření (www.seallabs.com).

7 Mokrá depozice

Ve vzorcích mokré depozice ze všech deseti lokalit byly stanoveny koncentrace hlavních iontů podle příslušných norem. V laboratoři Institutu geologického inženýrství, VŠB – TU Ostrava, byly stanoveny: sírany, fosforečnany, sloučeniny dusíku, amoniakální dusík, chloridy, dále pak sodík, draslík, vápník, hořčík a železo a z fyzikálně-chemických ukazatelů: pH a vodivost. K deseti lokalitám byla navíc přiřazena lokalita Paskov.

Ze sloučenin síry je to především SO_2 . Jeho původ je většinou antropogenní, vzniká spalováním tuhých a kapalných paliv obsahujících síru. Oxid siřičitý je v ovzduší nestálý, oxiduje na SO_3 a s vodou reaguje na H_2SO_4 .

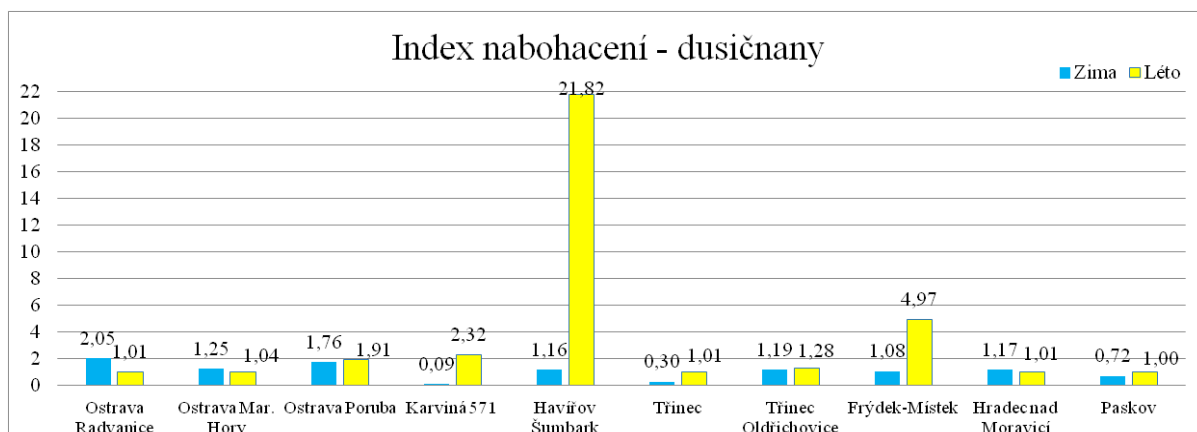
U síranů hodnota indexu nabohacení byla největší v Ostravě – Radvanicích, kdy hodnota v zimě byla 16,87 a v létě 6,63. Nejnižší výskyt síranů byl v lokalitě Paskov v obou ročních obdobích. Index nabohacení se spočítal jako poměr koncentrace na lokalitě/nejnižší koncentrace.



Graf 4: Index nabohacení – sírany

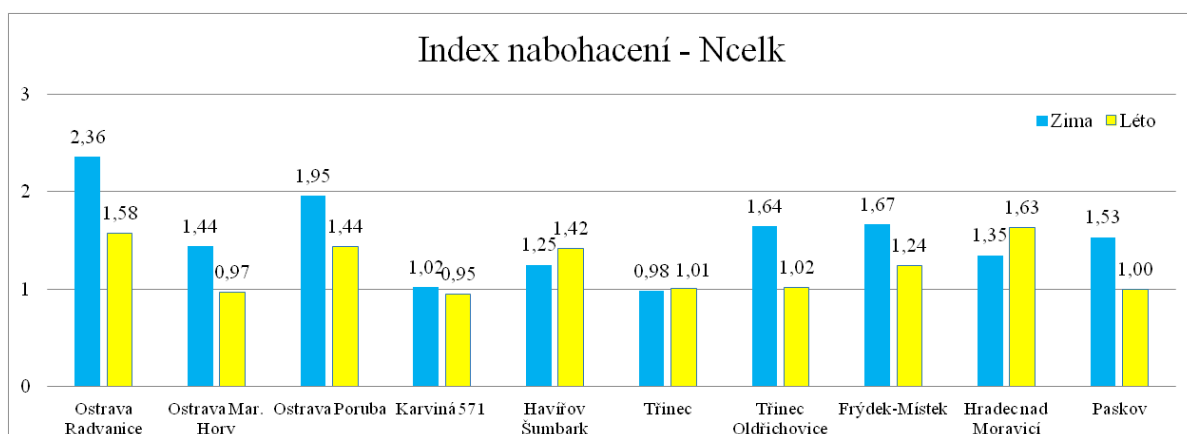
Sloučeniny dusíku jsou nedílnou součástí průmyslových oblastí a ovzduší velkoměst. Vznikají při spalování paliv, jsou součástí výfukových plynů motorových vozidel a jsou obsaženy v odpadních látkách z chemické výroby. Oxidy dusíku se přeměňují fotochemickou reakcí až na HNO_3 . Společně s uhlovodíky mají podíl na vzniku tzv. fotochemického smogu (Pitter, 2009).

Největší výskyt dusičnanů ve vzorcích byl zjištěn v lokalitě Havířov – Šumbark v letním období. Hodnota nabohacení byla 21,82. Nejnižší výskyt dusičnanů byl zimě v lokalitě Karviná, kdy index nabohacení byl 0,09.



Graf 5: Index nabohacení – dusičnany

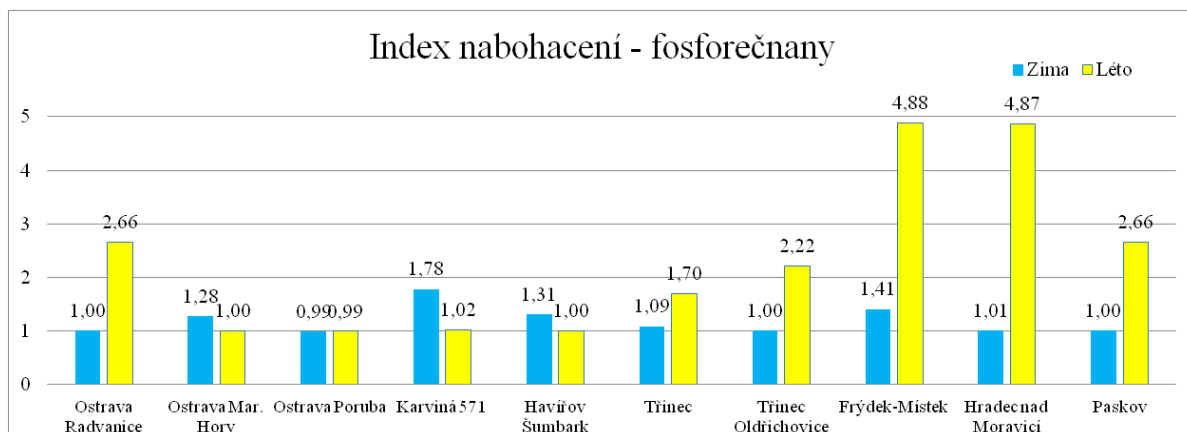
Index nabohacení u celkového dusíku byl nejvyšší v zimě v lokalitě Ostrava – Radvanice. Hodnota nabohacení byla 2,36. Nejnižší výskyt celkového dusíku byl identifikován v létě v lokalitě Karviná, a to 0,95.



Graf 6: Index nabohacení – Ncelk

Fosforečnany, jejich původ je především antropogenní. Do ovzduší se dostávají ze spalování fosilních paliv a zvláště biomasy (Tlustoš, 2012).

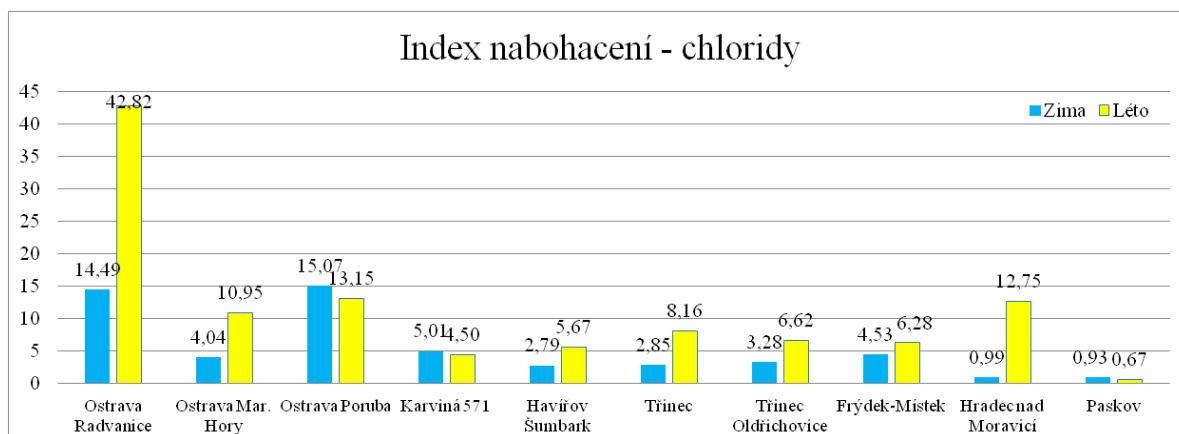
Nejvyšší hodnota indexu nabohacení byla zjištěna v létě v lokalitách Frýdek-Místek (4,88) a Hradec nad Moravicí (4,87). Nejnižší zjištěné nabohacení bylo v lokalitě Ostrava – Poruba. V letním i zimní období byla zjištěna stejná hodnota a to 0,99.



Graf 7: Index nabohacení – fosforečnany

Chloridy v atmosférických srážkách mohou být přírodního původu (dálkový transport z mořské vody). Mohou být také antropogenního původu, uvolňují se při spalování plastů z PVC, ale i fosilních paliv a biomasy, jsou částí technologických procesů, například aglomerace rud (Tlustoš, 2012).

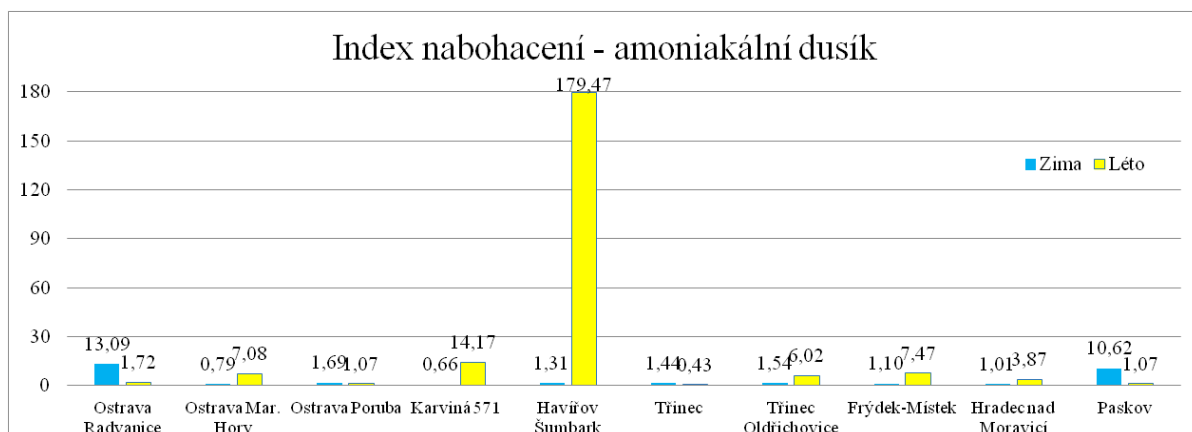
V Ostravě – Radvanicích byla zjištěna nejvyšší hodnota nabohacení, a to 42,82 v letním období. Naopak nejnižší hodnota byla identifikována v lokalitě Paskov (0,67) v letním období.



Graf 8: Index nabohacení – chloridy

Amoniakální dusík se nachází v téměř všech vodách. Přírodní vody obsahují pouze malou koncentraci v desetinách mg/l. Amoniakální dusík se do ovzduší dostává vlivem dopravy.

V lokalitě Havířov – Šumbark byla nalezena nejvyšší hodnota indexu nabohacení, a to 179,47 v letním období. Naopak nejnižší hodnota indexu 0,43 byla zjištěna v Třinci v letním období.

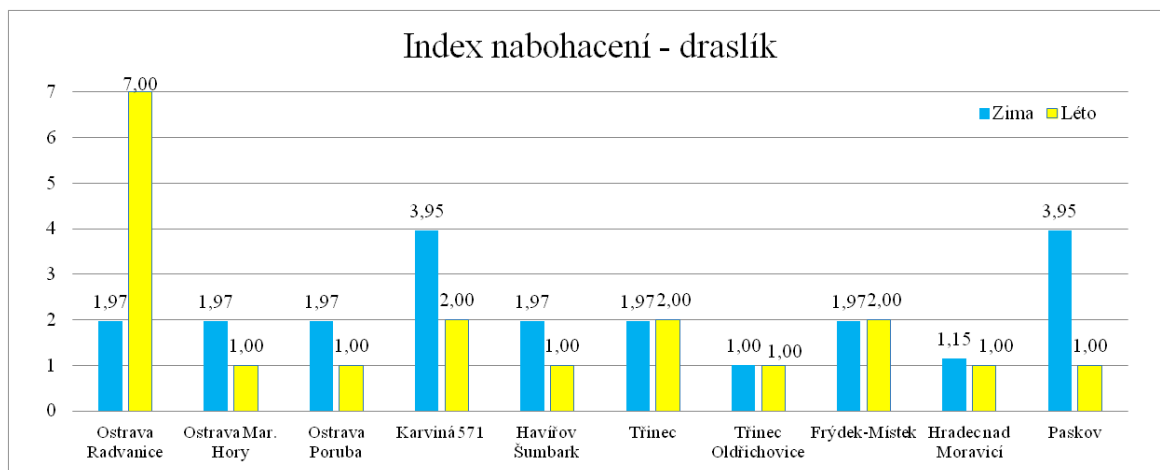


Graf 9: Index nabohacení – amoniakální dusík

Sodík a draslík se do vody dostávají v důsledku zvětrávání hlinitokřemičitanů, například albitu a ortoklasu. Sodík může mít také antropogenní původ, kdy se do odpadních vod dostává z průmyslové výroby (Pitter, 2009). Draslík se do ovzduší dostává při spalování biomasy a fosilních paliv (Tlustoš, 2012). Popílký fosilních paliv obsahují částice na bázi K – Al – Si nebo K – Fe – Mg – Al – Si.

U sodíku se v deseti lokalitách neprojevovalo téměř žádné nabohacení. Pouze v lokalitě Ostrava – Poruba byla zjištěna v zimním období hodnota indexu nabohacení (3,94).

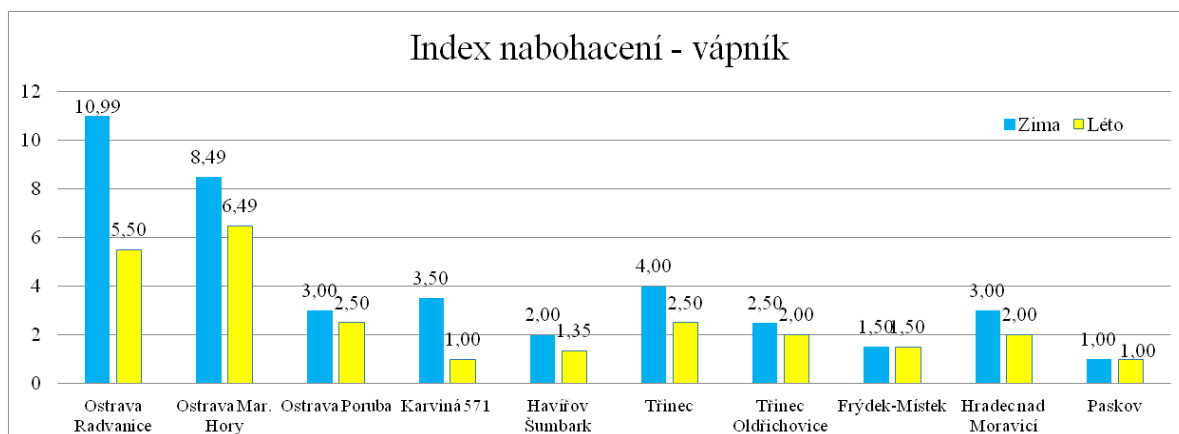
V lokalitě Ostrava – Radvanice bylo identifikováno nejvíce draslíku (7,00) v letním období. Nejnižší množství draslíku (1,00) bylo zjištěno v Třinci – Oldřichovicích jak v zimním, tak letním období. Stejně množství draslíku bylo nalezeno v letním období i v dalších pěti lokalitách.



Graf 10: Index nabohacení – draslík

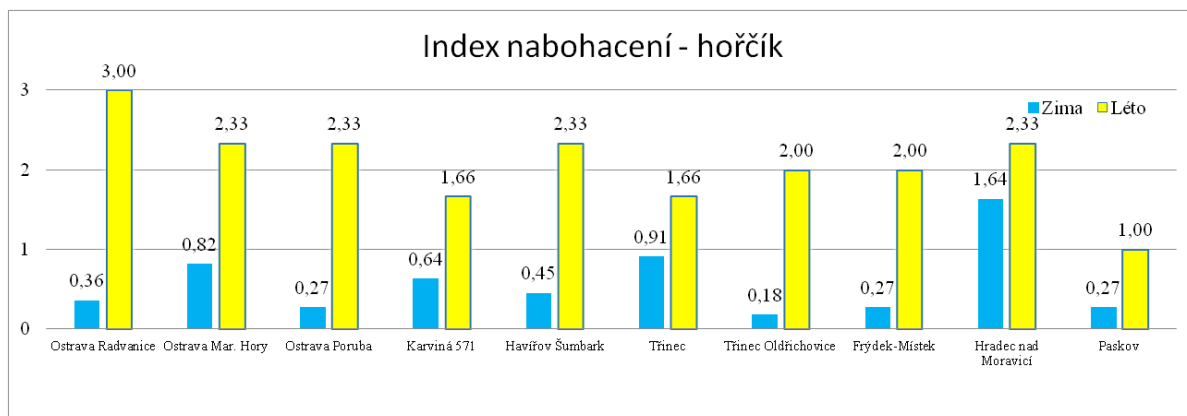
Vápník a hořčík se v přírodě běžně nachází, do ovzduší se dostává evaporací dešťových srážek. Antropogenním zdrojem těchto látek jsou odpadní vody z průmyslových výroby, kde se kyseliny neutralizují karbonáty – dolomit, magnezit (Pitter, 2009).

Nejvyšší hodnota indexu nabohacení u vápníku byla prokázána v lokalitě Ostrava – Radvanice, a to 10,99. Nejnižší hodnota indexu nabohacení byla zjištěna v lokalitě Paskov v zimním i letním období (1,00). Tato hodnota byla zjištěna i v letním období v lokalitě Karviná.



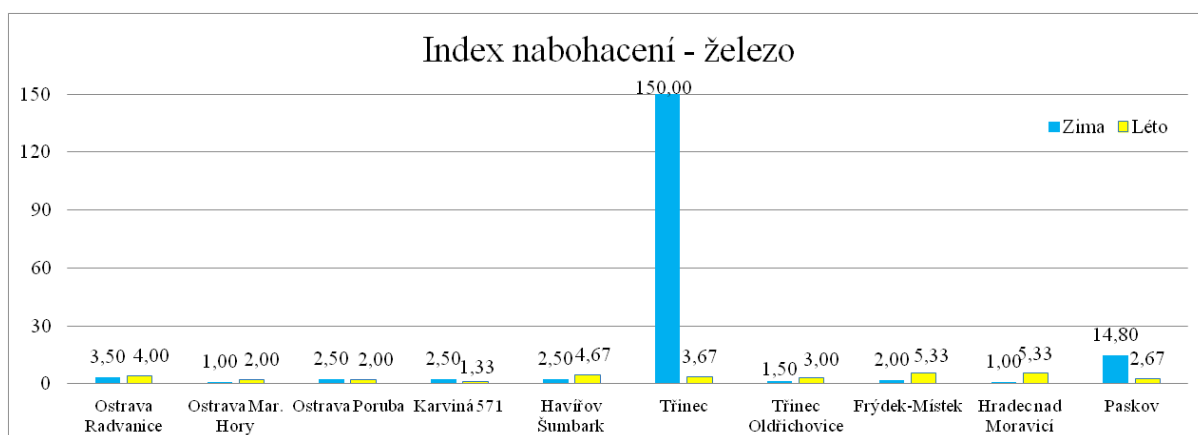
Graf 11: Index nabohacení – vápník

V lokalitě Ostrava – Radvanice byla identifikována nejvyšší hodnota hořčíku, a to 3,00 v letním období. Naopak nejnižší hodnota (0,18) byla zjištěna v lokalitě Třinec – Oldřichovice v zimním období.



Graf 12: Index nabohacení – hořčík

Zdrojem železa v mokré depozici je průmyslová činnost (metalurgická výroba), spalování fosilních paliv a doprava – otěry pneumatik. V Třinci byla nejvyšší hodnota indexu nabohacení u železa (150) identifikována v zimním období. Naopak nejnižší zjištěná hodnota indexu (1,00) byla v lokalitách Ostrava – Mariánské Hory a v Hradci nad Moravicí v zimním období.



Graf 13: Index nabohacení – železo

Ve vzorcích vody celkové prašné depozice byly stanoveny hodnoty pH a vodivosti v období léto a zima. Tyto hodnoty byly stanoveny dle norem ČSN, znázorněné v tabulce č. 24.

Tabulka 24: Stanovení pH a vodivosti

číslo vzorku	pH - léto	pH - zima	vodivost - léto	vodivost - zima
			μS/cm	μS/cm
1-Ostrava Radvanice	7,63	6,89	121,40	287,00
2-Ostrava Mar. Hory	7,85	7,29	126,30	177,00
4-Ostrava Poruba	7,10	6,15	67,10	97,40
16-Karviná 571	6,80	6,56	37,70	74,70
19-Havířov Šumbark	4,50	6,09	79,90	49,60
20-Třinec	6,10	6,84	59,80	88,50
21-Třinec Oldřichovice	6,30	6,70	40,30	68,90
24-Frýdek-Místek	5,70	6,67	46,50	61,30
30-Ostravice	6,20	6,06	28,80	38,40
36-Hradec nad Moravicí	5,73	6,22	58,40	79,80
Paskov	6,05	5,59	24,40	33,00

Normy, které byly použity pro stanovení koncentrací hlavních iontů v mokré depozici a také pro pH a vodivost jsou znázorněny v tabulce 25.

Tabulka 25: Normy ke stanovování

NH₄	ČSN ISO 7150-1
NO₂	ČSN EN 26777
NO₃	ČSN ISO 7890-3
Ca	ČSN ISO 6058
Mg	ČSN ISO 6059
Na, K	ČSN ISO 9964-3
Cl	ČSN ISO 9297
PO₄	ČSN EN 1189
SO₄	kyvetový test
P	kyvetový test
N	kyvetový test
Fe	kyvetový test
pH	ČSN ISO 10523
vodivost	ČSN EN 27888

8 Identifikace řas ve vzorcích celkové depozice

V letním období roku 2014 byly odebírány vzorky celkové depozice v deseti lokalitách. Následně byly vybrány tři lokality, a to Ostrava – Mariánské Hory, Havířov – Šumbark a Třinec – Oldřichovice, kde se v odebraných vzorcích prováděla identifikace řas.

K mikroskopické analýze bylo použito šest vzorků, z toho byly tři vzorky vody a tři stěry na vatových tyčinkách. Byla provedena kvalitativní a kvantitativní analýza dle norem ČSN 757713 Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení abiosestonu a ČSN 757712 Jakost vod – Biologický rozbor – Stanovení biosestonu. Analýzy byly provedeny v laboratořích Povodí Odry, Ing. Vařecha.

Analyzované vzorky nebyly druhově rozmanité, všechny měly v podstatě stejné složení. Ve vzorcích byl velký podíl odumřelých a odumírajících organismů nebo organismů v klidových fázích, neboť odebrané vzorky byly delší dobu skladovány za běžných světelných podmínek a při laboratorní teplotě (Vařecha, 2014).

V odebraných vzorcích byla nejvíce zastoupena řasa *Haematococcus pluviatilis*, která se velice dobře přizpůsobuje extrémním podmínkám, které jsou ve sběrných nádobách. Dalším organismem nalezeným ve vzorcích byla malá vláknitá sinice rodu *Pseudanabaena*. Tento organismus byl však téměř odumřelý, pouze jeho malá část byla slabě fyziologicky aktivní. V nepatrném množství byly v posuzovaných vzorcích objeveny také drobní bezbarví bičíkovci *Flagellata apochromatica* a drobné zelené řasy. Opakovaně byly ve vzorcích zjištěny pijavenky rodu *Habrotrocha*.

Pouze v jediném vzorku odebraném v Havířově – Šumbarku bylo identifikováno seskupení zelené řasy *Dictyosphaerium pulchellum* (Vařecha, 2014).

Tabulka 26: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Havířov – Šumbark

Taxon	Abundance v 1 ml
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	42
<i>Flagellata apochromatica</i>	16
<i>Habrotrocha sp.</i>	24
<i>Haematococcus pluviatilis</i>	240
Kokální zelené řasy	60
<i>Pseudanabaena sp.</i>	18

Celkem bylo v odebraném vzorku nalezeno průměrně 400 živých organismů v 1 ml (tab. č. 26).

Abiosestonu bylo ve vzorku cca 10 % a byl tvořen převážně odumřelými organickými látkami, anorganický materiál byl v abiosestonu obsažen asi z jedné třetiny z celkového množství.

Ve stěru bylo až 85% abiosestonu z celkového množství vzorku. V této beztvaré hmotě byly viditelné větší kousky minerálních částic, ale největší podíl měla mrtvá vlákna sinice *Pseudanabaena*. Dále byly také nalezeny různé zbytky odumřelého organického materiálu (hmyzích těl, šupinky motýlích křídel).

Živé organismy byly v materiálu identifikovány jen ve velmi malém množství, *Pseudanabaena* 10 %, *Habrotrocha sp.* 1–3 %, kokální zelené řasy 1–3 %, *Haematococcus pluviatilis* 1–3 % a *Flagellata apochromatica* méně než 1 % (Vařecha, 2014).

Tabulka 27: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Mariánské – Hory

Taxon	Abundance v 1 ml
<i>Flagellata apochromatica</i>	14
<i>Habrotrocha sp.</i>	640
<i>Haematococcus pluviatilis</i>	240
Kokální zelené řasy	260
<i>Pseudanabaena sp.</i>	30

Celkem bylo v odebraném vzorku nalezeno průměrně 1184 živých organismů v 1 ml (tab. č. 27).

V tomto vzorku bylo abiosestonu v průměru 7,5 %, byl tvořen shluky drobných anorganických částic a odumřelých vláken sinic.

Ve stěru tvořil abioseston cca 50% materiálu. Jednalo se opět o amorfnní hmotu, kde mimo neživých částí byly identifikovány i organismy živé, jmenovitě *Haematococcus pluviatilis* 50 %, zbylé organismy byly nalezeny pouze v malém množství *Pseudanabaena sp.* 1–3 %, *Habrotrocha sp.* 1–3 %, kokální zelené řasy méně než 1 % a *Flagellata apochromatica* také méně než 1 % (Vařecha, 2014).

Tabulka 28: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Třinec – Oldřichovice

Taxon	Abundance v 1 ml
<i>Flagellata apochromatica</i>	64
<i>Habrotrocha sp.</i>	48
<i>Haematococcus pluviatilis</i>	410
Kokální zelené řasy	190
<i>Pseudanabaena sp.</i>	14

Celkem bylo v odebraném vzorku nalezeno průměrně 726 živých organismů v 1 ml (tab. č. 28).

Abiosestonu bylo v daném vzorku v průměru 10 %, byl tvořen shluky drobných anorganických částí a také zde ubylo odumřelých vláken sinic.

Ve stěru zaujímal abioseston 65 %, tvořily ho drobné anorganické částice. Živé organismy byly zastoupeny hlavně řasou *Haematococcus pluviatilis* 30 %, a dále *Pseudanabaena sp.* 1–3 %, *Habrotrocha sp.* 1–3 %, *Flagellata apochromatica* 1–3 % a kokálních zelených řas bylo méně než 1% (Vařecha, 2014).

8.1 Popis identifikovaných taxonů

Největší celkové zastoupení měly řasy *Haematococcus pluviatilis* (890 jedinců), dále pak *Habrotrocha sp.* (712 jedinců) a kokální zelené řasy (510 jedinců). V menším

množství byly nalezeny organismy *Flagellata apochromatica* (94 jedinců), rod sinic *Pseudanabaena* sp. (62 jedinců) a řasy *Dictyosphaerium pulchellum* (42 jedinců).

Haematococcus pluvialis jsou kulaté nebo oválné zelené řasy veliké asi 50 μm , pohyblivá forma má dva bičíky a paprscité výběžky ve slizovém obalu (Příloha 12 a Příloha 16). Byly nalezeny také cysty, což jsou nepohyblivé formy řasy. Vytváří červené barvivo astaxanthin, které chrání řasu před UV zářením. V přírodě můžeme nalézt kaluže vody s červeným zbarvením, které způsobuje přítomnost této řasy (www.separe.it).

Pijavenky rodu *Habrotrocha* byly ve všech zkoumaných vzorcích (Příloha 13). Patří do skupiny vířníků, na hlavě mají charakteristický orgán, kterým je vířivé ústrojí. Jejich tělo je pídalkovitého tvaru a části jejich těla se do sebe zasouvají. Jsou velmi pohyblivé a na zásah reagují stažením. Živí se filtrací malých organických částí nebo bakteriemi z vody (www1.data.antarctica.gov.au).

Kokální zelené řasy, jsou to řasy většinou bičíkaté, jednobuněčné s pevnou buněčnou stěnou, velikostí do 10 μm (Příloha 14). Rozlišení taxonů je velmi náročné a byla nutná spolupráce se znalci z Botanického ústavu AV (www.sinicearasy.cz).

Flagellata apochromatica jsou to malé bezbarvé organismy s bičíky a bez přítomnosti jakýchkoliv barviv. Jsou velmi malé, jejich velikost je pouze do 10 μm . Jejich potravou jsou drobné bakterie nebo velice malé (do 1 μm) části organické hmoty. Identifikace těchto organismů je také velmi složitá.

Pseudanabaena jsou planktonní vláknité sinice (Příloha 16), jejichž šířka je pouze okolo 2 μm . Vyskytují se v planktonu různých druhů vod a v létě zapříčiňují zelené zbarvení vody (www.cyanos.cz).

Řasa *Dictyosphaerium pulchellum* tvoří kolonie buněk o velikosti 5-10 μm , které najdeme na koncích slizových vláken (Příloha 15). Tato řasa byla nalezena pouze ve vzorku z lokality Havířov – Šumbark (<http://protist.i.hosei.ac.jp>).

Nález druhů ve zkoumaných vzorcích byl velice podobný. Bylo identifikováno pouze malé druhové zastoupení, a to bylo zapříčiněno extrémními životními podmínkami. V těchto extrémních podmínkách se nachází jen malé množství taxonů, ale ty však jsou velmi dobře adaptované k daným podmínkám a ve zkoumaných vzorcích pak dominují.

Odběr vzorků v letním období prokázal, že volba vzorkovací metody, kterou zajistil Zdravotní ústav v Ostravě, nebyla správná. Je potřeba vzorky odebírat tak, aby byly v temnu a kontinuálně chlazeny. V takovém případě by nedocházelo ke vzniku „mikrobiologického oživení“, které spotřebováním biogenních prvků ovlivňuje chemické složení mokré depozice.

9 Závěr

Na základě mineralogické analýzy byly identifikovány minerály, které tvoří podstatnou část celkové prašné depozice. Minerály byly dle jejich geneze rozděleny do třech skupin: resuspendované (eroze půd a prachových částic z povrchů komunikací a staveb), sekundární – vznikající kondenzací plynů (sulfáty, chloridy, dusičnany) a minerály, které vznikají během metalurgických procesů (mayenit apod.) nebo tvoří surovinovou základnu pro metalurgické procesy (magnetit, hematit, vápenec).

Z výsledků mineralogické analýzy vyplývá, že lze 10 lokalit rozdělit do tří skupin.

S výrazným podílem vlivu metalurgické činnosti: Ostrava – Radvanice, Ostrava – Mariánské Hory, Karviná, Havířov – Šumbark, Třinec, Třinec – Oldřichovice, Frýdek-Místek.

S neurčitým vlivem metalurgické činnosti: Ostravice, kterou je však nutno ověřit dalšími metodami.

Bez vlivu metalurgické činnosti: Hradec nad Moravicí a Ostrava – Poruba.

Ve vzorcích mokré depozice byl stanoven index nabohacení pro hlavní kationty a anionty. Nejvyšší index nabohacení byl stanoven pro Fe (150) pro lokalitu Třinec, druhý nejvyšší index nabohacení byl stanoven pro chloridy (42), pro dusičnany (22) a sírany (16). Index nabohacení nad 40 se považuje za extrémní. Nejvyšší index nabohacení byl zjištěn pro lokalitu Ostrava – Radvanice, kdy byly zjištěny nejvyšší hodnoty pro sírany, chloridy ale i vápník. Chloridy v ovzduší jsou patrně ovlivněny přídavkem NaCl a KCl při aglomeraci rud.

Identifikace řas ve vzorcích celkové depozice prokázala, že způsob odběru vzorků, který zvolil Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, není vhodný v letním období. Vzorky je potřeba udržovat v temnu a chladu, tak aby nedošlo k ovlivnění chemického složení produkcí řas, které spotřebovávají biogenní prvky a následně je uvolňují.

10 Seznam použité literatury

1. *Air Quality Criteria for Particulate Matter*, Volume I, Second External Review Draft, National Centre for Environmental Assessment-RTP Division, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 2001, 632 s.
2. ANDREAS, L., S. DIENER a A. LAGERKVIST. Steel slags in a landfill top cover – Experiences from a full-scale experiment. 2014. DOI: 10.1016. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13005709>
3. BLAŽEK, Zdeněk. *Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy: Wpływ warunków meteorologicznych na jakość powietrza w obszarze przygranicznym Śląska i Moraw = The influence of meteorological conditions on air quality in the border region of Silesia and Moravia* [online]. Vydání první. 181 pages [cit. 2015-03-13]. ISBN 83-611-0279-5.
4. *Boussingaultite Mineral Data* [online]. 2012 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://webmineral.com/data/Boussingaultite.shtml#.VTUqRSHtIBc>
5. BRANIŠ, Martin. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Vyd. 1. Editor Martin Braniš, Iva Hůnová. V Praze: Karolinum, 2009, 351 s. ISBN 978-80-246-1598-1.
6. *Bruker: Rentgenová difrakce XRD* [online]. 2013 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.bruker-sro.cz/rentgenova-difrakce-xrd>
7. CAPE, John Neil; van Dijk, Netty; Tang, Yuk Sim. 2009 Measurement of dry deposition to bulk precipitation collectors using a novel flushing sampler. *Journal of Environmental Monitoring*, 11. 353-358. doi:10.1039/B813812E
8. ČECH, BARABASZOVÁ, K.; et al. *Vybrané Instrumentální metody analýzy materiálů a nanomateriálů*, CERM: Brno, 2012.
9. *Česká geologická služba: elektronová mikroskopie a mikroanalýza* [online]. Praha, 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/laboratore/larem/sluzby/mikroanalýza>
10. DAVID, Petr a SOUKUP, Vladimír. *Velká turistická encyklopedie*. Vyd. 1. V Praze: Knižní klub, 2009, 288 s. ISBN 978-80-242-1941-7.

11. *Dictyosphaerium pulchellum* [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/chlorophyta/Dictyosphaerium/pulchellum/index.html>
12. DOLEČEK, Jan. Moravskoslezský kraj: města a obce Moravskoslezského kraje. Rožnov pod Radhoštěm: PROXIMA Bohemia a spol, 2011.
13. *Dýchám pro Ostravu: Hlavní zdroje a příčiny znečištění ovzduší v Ostravě* [online]. Ostrava [cit. 2015-03-20]. Dostupné z: <https://dycham.ostrava.cz/ovzdusi/priciny-znecisteni-ovzdusi>
14. *Edax: System for SEM* [online]. 2015 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.edax.com/Products/EDS/TEAM/TEAM-EDS-System-SEM-X-ray-microanalysis.aspx>
15. Environmental Terminology and Discovery Service. *European Environmental Agency* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=suspended%20particulate%20matter
16. Gryniewicz, M., Polkowska, Ž., Zygmunt, B., Namieśnik, J., 2002. *Atmospheric precipitation sampling for analysis*. Pol. Jour. of Environ. Stud., Vol. 12, No. 2: 133-140
17. *Habrotrocha sp.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: https://www1.data.antarctica.gov.au/aadc/biodiversity/taxon_profile.cfm?taxon_id=102525
18. HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J., 2005. *Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky, minulost a budoucnost*. Planeta, ročník XII., číslo 5/2005, 24 str.
19. HŮNOVÁ, I. (2009): Atmosférická depozice. In: BRANIŠ M., HŮNOVÁ I., *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, Karolinum, Praha, str. 160-179
20. HŮNOVÁ, I., JANOUŠKOVÁ, S. (2004): *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*, Karolinum, Praha, str. 143
21. *Informační monitorovací systém průmyslového znečištění v Moravskoslezském kraji* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.ims-msk.cz/merici-stanice/lokace/175/popis?map=map1>
22. IZQUIERDO, Rebeca a Anna AVILA. Comparison of collection methods to determine atmospheric deposition in a rural Mediterranean site (NE Spain). *Journal of*

- Atmospheric Chemistry*. 2012, vol. 69, issue 4, s. 351-368. DOI: 10.1007/s10874-012-9246-1. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10874-012-9246-1>
23. JANČÍK, Petr. *ATLAS Ostravského ovzduší* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2015-03-01]. ISBN 978-80-248-3006. Dostupné z: http://www.air-silesia.eu/files/file/air_silesia/raport/vsb_atlas_ov_ovzdusi_.pdf
24. KNOZOVÁ, G a SKEŘIL R. *Mikroklima a mezoklima krajinných struktur a antropogenních prostředích. Skalní Mlýn: Koncentrace tuhých částic v ovzduší v bezsrážkových epizodách* [online]. 2011 [cit. 2015-03-15]. ISBN 978-80-86690-87-2. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/SbornikSMlyn11/KnozovaSkeril.pdf>
25. KOPECKÁ, I., NEJEDLÝ, V. *Průzkum historických materiálů*. Brno: GRADA, 2005.
26. KORBEL, Petr a NOVÁK Milan. *Encyklopedie minerálů*. Praha: Rebo, 1999. ISBN 80-8234-114-6.
27. KORBEL, Petr a Milan NOVÁK. *Kompletní encyklopedie minerálů*. 2. vydání. Praha: Rebo, 2004. ISBN 80-7234-339-4.
28. KRUPA, S.V, 2002. *Sampling and physico-chemical analysis of precipitation: a review*. Environ. Pol., 120: 565-594.
29. *Moravskoslezský kraj: Geografické informace* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://o-kraji.kr-moravskoslezsky.cz/geograficke_informace.html
30. *Moravskoslezský kraj: Ovzduší* [online]. 2014 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/cz/ovzdusi/>
31. Morselli, L., Bernardi, E., Vassura, I., Passarini, F., Tesini, E., 2008. *Chemical composition of wet and dry atmospheric depositions in an urban environment: local, regional and long-range influences*. J. Atmos. Chem., 59: 151-170.
32. NEBESÁŘOVÁ, J. *Elektronová mikroskopie pro biology* [online]. 2001 [cit. 2015- 03-26]. Dostupné z: <http://www.paru.cas.cz>.
33. Novak, M., Jackova, I., Zemanova, L., Fottova, D., Prechova, E., Buzek, F., Erbanova, L., 2009. *Controls on sulphur content in tree rings of Norway spruce and European beech at a heavily polluted site*. Geochem. Jour., Vol. 43, e1-e4
34. *Optické metody*. In: [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.fns.uniba.sk>.
35. PELLANT, Chriss. *Horniny a minerály*. Praha: Příroda v kostce, 2005. ISBN 8024214164.

36. Pitter Pavel: *Hydrochemie*. 4th ed. Praha: VŠCHT Praha, 2009. P. 007. ISBN 978-80-7080-701-9
37. *Polétavý prach (PM10)* [online]. 2007 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/85>
38. *Polétavý prach (PM10)* [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://arnika.org/poletavy-prach-pm10>
39. Poschl, U., *Formation and decomposition of hazardous chemical components contained in atmospheric aerosol particles*. Journal of Aerosol Medicine-Deposition Clearance and Effects in the Lung, 2002. 15(2): p. 203-212.
40. PROŠKOVÁ, J., HUŇOVÁ, I. (2006): *Přístupy k hodnocení atmosférické depozice usazených srážek*. Meteorologické zprávy 59/2006, číslo 5: 151-157
41. *Pseudanabaena* [online]. 2014 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.cyanodb.cz/Pseudanabaena>
42. Rentgenová prášková difrakční analýza. [online]. [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.xray.cz>
43. ŘEZÁČOVÁ, D., NOVÁK, P., KAŠPAR, M., SETVÁK, M. (2007): *Fyzika oblaků a srážek*, Academia, Praha, str. 574
44. *Seal laboratories: How SEM-EDS Works* [online]. 2015 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://www.seallabs.com/how-sem-eds-works.html>
45. *Seppure: ematocòcco* [online]. 2011 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.sapere.it/enciclopedia/ematoc%C3%B2cco.html>
46. *Sinice a řasy* [online]. 2015 [cit. 2015-04-07]. Dostupné z: <http://www.sinicearasy.cz/pokr/chlorophyta>
47. Skarżyńska, K., Polkowska, Ż., Namieśnik, J. (2006): Sample Handling and Determination of Physico-Chemical Parameters in Rime, Hoarfrost, Dew, Fog and Cloud Water Samples - a Review. Polish Journal of Environmental Studies 15, 185–209.
48. *Surface science: SEM/EDX* [online]. 2008 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://www.surfacesciencewestern.com/analytical-services/scanning-electron-microscopy-coupled-with-energy-dispersive-x-ray-sem-edx-spectroscopy/>
49. THEAKSTON, F. et al. *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Copenhagen : World Health Organization, 2006. 113 s.

50. TLUSTOŠ, Pavel. *Monitoring kvality popelů ze spalování biomasy: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012, 22 s. ISBN 978-80-213-2327-8.
51. TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka..* 1. vyd. Praha : Český hydrometeorologický ústav ; Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. s 255
52. *Územní srážky* [online]. Praha, 2013 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky
53. VÁVRA, Václav. *Atlas minerálů* [online]. 2013 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: http://mineraly.sci.muni.cz/mineraly_abecedne.html
54. VAŘECHA, Daniel. *Identifikace řas ve vzorcích celkové depozice za letní období*. 2014, str.20
55. VODÁREK, V., *Metody studia a struktury*, Ostrava 2010, 128s
56. VURM, Bohumil. *Moravskoslezský kraj*. Praha: Praga Mystica, ©2003., 147, [5] p. ISBN 978-809-0236-370.
57. VYSOUDIL, M. (2006): *Meteorologie a klimatologie*, Univerzita Palackého, Olomouc, str. 281
58. VYSOUDIL, M. (2002): *Ochrana ovzduší*, Univerzita Palackého, Olomouc, str. 114
59. Wania, F. and D. Mackay, *Tracking the distribution of persistent organic pollutants*. Environmental Science & Technology, 1996. 30(9): p. A390-A396.
60. XIE, R.K. a SEIP, H.M. et al. *Chemical characterization of individual particles (PM10) from ambient air in Guiyang City, China*. 2004. Dostupné z: <http://www.journals.elsevier.com/science-of-the-total-environment>
61. *Znečištění ovzduší na území české republiky v roce 2012* [online]. Praha, 2013 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr12cz/kap3.html>

11 Seznam použitých obrázků

1. *Akermanite* [online]. 2012 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%85kermanite,_Calcite,_Hillebrandite,_Tilleyite_-_Mineralogisches_Museum_Bonn1.jpg
2. *Albit* [online]. 2012 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/ugmnz/mineral/mineraly.html>
3. *BBC News: Desolation of smog: Tackling China's air quality crisis* [online]. 2014 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.bbc.com/news/science-environment-25576716>
4. *Český statistický úřad: Geografická mapa Moravskoslezského kraje* [online]. 2009 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: <http://csugeo.i-server.cz/csu/2009edicniplan.nsf/krajkapitola/801011-09-2009-18>
5. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2013 [cit. 2015-03-09]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/V3_OKFM_CZ.html
6. *Epsomit* [online]. 2005 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.mb-minerals.de/deutschland/doktor%20geier/doktor%20geier.html>
7. *Fair Hill Watershed Study* [online]. 2012 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://udel.edu/~inamdar/fairhill_tour.htm
8. HŮNOVÁ, I., JANOUŠKOVÁ, S. (2004): *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*, Karolinum, Praha, str. 143
9. *Geo: bassanit* [online]. 2005 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.geomania.hu/asvany.php?asvid=394>
10. *Grafit* [online]. 2012 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/ugmnz/mineral/mineraly.html>
11. *Halit* [online]. 2012 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/ugmnz/mineral/mineraly.html>
12. *Chromit* [online]. 2010 [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.mineraliensammler.eu/lokality/ceske-kameny/chromit-7388.html>
13. IZQUIERDO, Rebeca a Anna AVILA. Comparison of collection methods to determine atmospheric deposition in a rural Mediterranean site (NE Spain). *Journal of Atmospheric Chemistry*. 2012, vol. 69, issue 4, s. 351-368. DOI: 10.1007/s10874-012-9246-1. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10874-012-9246-1>

28. *Syngenit* [online]. 2009 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:
<https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Syngenit>
29. TOLASZ, Radim. *Atlas podnebí Česka..* 1. vyd. Praha : Český hydrometeorologický ústav ; Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. s 255
30. VÁVRA, Václav. *Atlas minerálů: Dolomit* [online]. 2013 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://mineraly.sci.muni.cz/karbonaty/dolomit_06.html
31. VÁVRA, Václav. *Atlas minerálů: Spinel* [online]. 2013 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://mineraly.sci.muni.cz/oxidy/spinel.html>
32. *Wüstit* [online]. 2009 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z:
<https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Wustit>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Geografická mapa Moravskoslezského kraje.....	2
Obrázek 2: Nejvýznamnější stacionární zdroje emisí.....	4
Obrázek 3: Klimatické oblasti podle Quittovy klasifikace.....	6
Obrázek 4: Průměrná rychlost větru v Moravskoslezském kraji.....	7
Obrázek 5: Průměrný roční úhrn srážek dle Quitta.....	8
Obrázek 6: Větrné růžice znázorňující převládající větry v Moravskoslezském kraji.....	8
Obrázek 7: Velikost částic.....	16
Obrázek 8: Procesy způsobující atmosférickou depozici.....	17
Obrázek 9: Odběr vzorků metodou „wet-only“.....	22
Obrázek 10: Odběr vzorků metodou „bulk“.....	22
Obrázek 11: Odběr vzorků metodou „throughfall“.....	23
Obrázek 12: Křemen, ortoklas, kaolinit, mikroklin, albit a muskovit.....	30
Obrázek 13: Hematit, magnetit, maghemit, chromit, akermanit, grafit, wüstit, syngenit a spinel.....	32
Obrázek 14: Sádrovec, bassanit, halit, sylvit, epsomit a salmiak.....	33
Obrázek 15: Magnezit, kalcit, siderit a dolomit.....	34

Seznam grafů

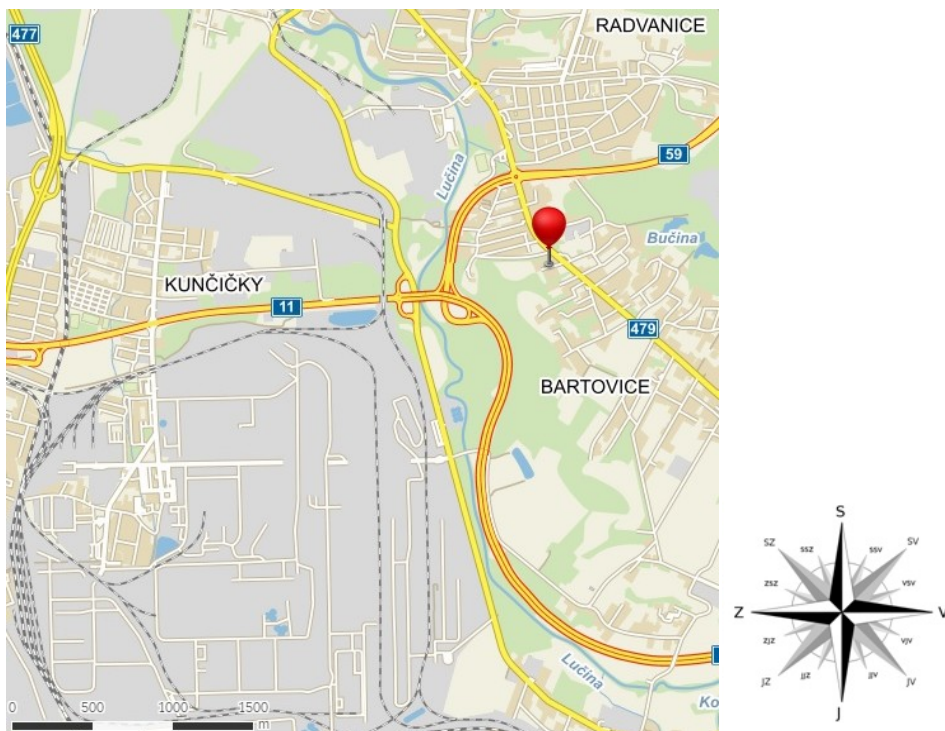
Graf 1: Podíl částic ve vybraných lokalitách v zimě 2013.....	41
Graf 2: Podíl částic ve vybraných lokalitách v létě 2014.....	42
Graf 3: Podíl částic ve vybraných lokalitách v zimě 2014.....	43
Graf 4: Index nabohacení – sírany.....	46
Graf 5: Index nabohacení – dusičnany.....	47
Graf 6: Index nabohacení – Ncelk.....	47
Graf 7: Index nabohacení – fosforečnany.....	48
Graf 8: Index nabohacení – chloridy.....	48
Graf 9: Index nabohacení – amoniakální dusík.....	49
Graf 11: Index nabohacení – draslík.....	50
Graf 12: Index nabohacení – vápník.....	50
Graf 13: Index nabohacení – hořčík.....	51
Graf 14: Index nabohacení – železo.....	51

Seznam tabulek

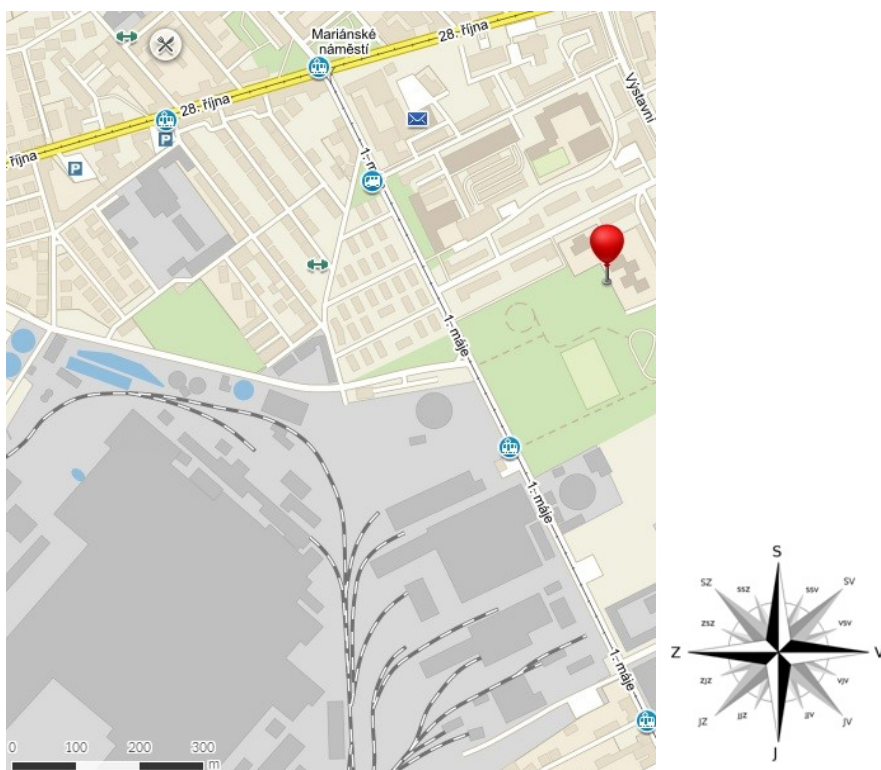
Tabulka 1: Vybrané klimatické oblastí Moravskoslezského kraje dle Quitta	5
Tabulka 2: Územní srážky v roce 2014	9
Tabulka 3: Územní teploty v roce 2014.....	9
Tabulka 4: Odběrové lokality	10
Tabulka 5: Směr proudění větru – Ostrava – Radvanice	10
Tabulka 6: Směr proudění větru – Ostrava – Mariánské Hory	11
Tabulka 7: Směr proudění větru – Ostrava – Poruba.....	11
Tabulka 8: Směr proudění větru – Karviná	12
Tabulka 9: Směr proudění větru – Havířov – Šumbark.....	12
Tabulka 10: Směr proudění větru – Třinec	12
Tabulka 11: Směr proudění větru –Frýdek-Místek.....	13
Tabulka 12: Směr proudění větru – Ostravice	13
Tabulka 13: Směr proudění větru – Hradec nad Moravicí	14
Tabulka 14: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Radvanicích	35
Tabulka 15: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Mariánských Horách ...	35
Tabulka 16: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravě – Porubě.....	36
Tabulka 17: Výsledky zastoupení minerálních částic v Karviné.....	37
Tabulka 18: Výsledky zastoupení minerálních částic v Havířově.....	37
Tabulka 19: Výsledky zastoupení minerálních částic v Třinci	38
Tabulka 20: Výsledky zastoupení minerálních částic v Třinci – Oldřichovicích.....	38
Tabulka 21: Výsledky zastoupení minerálních částic ve Frýdku-Místku.....	39
Tabulka 22: Výsledky zastoupení minerálních částic v Ostravici	40
Tabulka 23: Výsledky zastoupení minerálních částic v Hradci nad Moravicí	40
Tabulka 24: Stanovení pH a vodivosti	52
Tabulka 25: Normy ke stanovování	52
Tabulka 26: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Havířov – Šumbark	54
Tabulka 27: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Mariánské – Hory.....	54
Tabulka 28: Nalezené taxony ve vzorku vody z lokality Třinec – Oldřichovice	55

Přílohy

Příloha 1: Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava –Radvanice (mapy.cz)

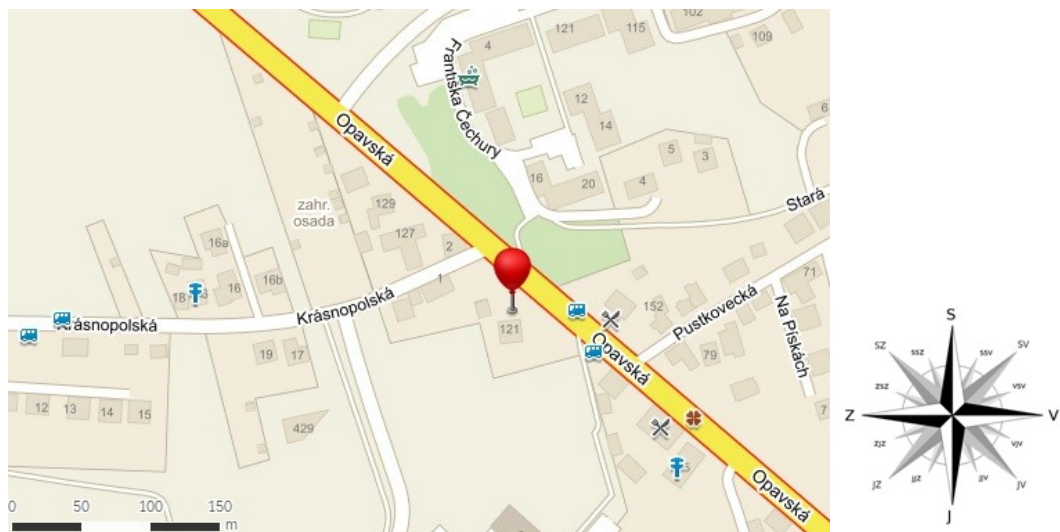


Příloha 2: Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava -Mariánské Hory
(mapy.cz)

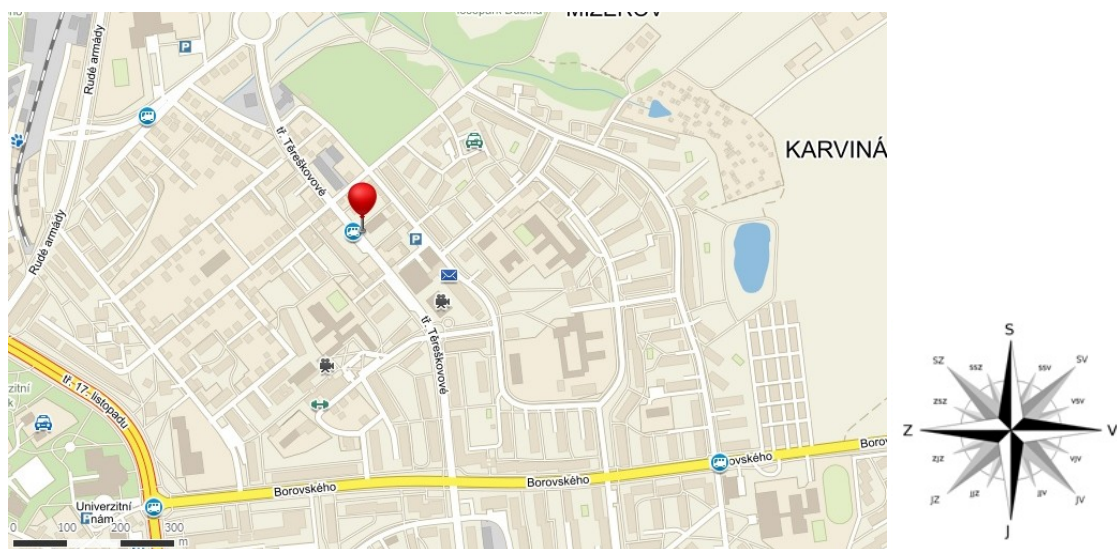


Renata Minaríková: Charakteristika celkové prашné depozice na vybraných lokalitách Moravskoslezského kraje

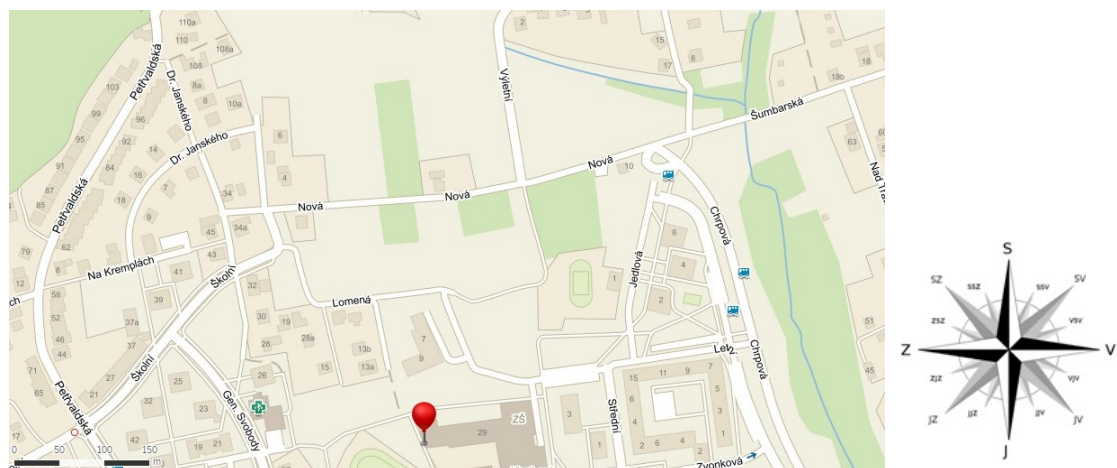
Příloha 3: Část mapy Ostravy a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostrava –Poruba (mapy.cz)



Příloha 4: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Karviná (mapy.cz)

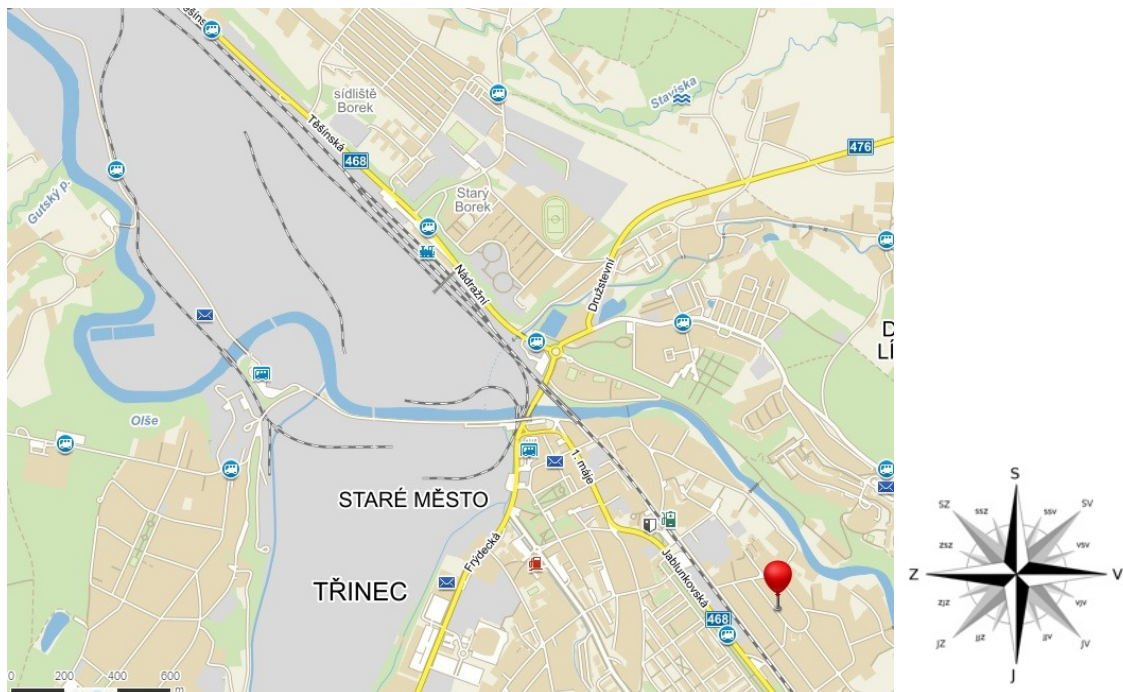


Příloha 5: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Havířov (mapy.cz)

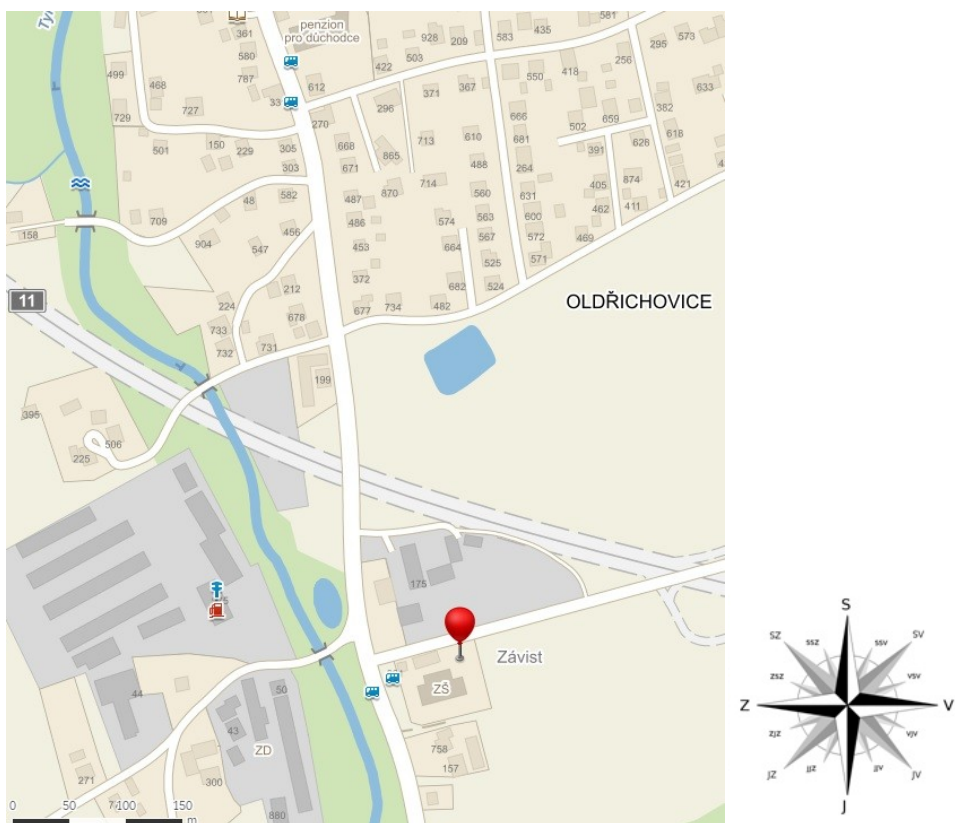


*Renata Minaríková: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách
Moravskoslezského kraje*

Příloha 6: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Třinec (mapy.cz)

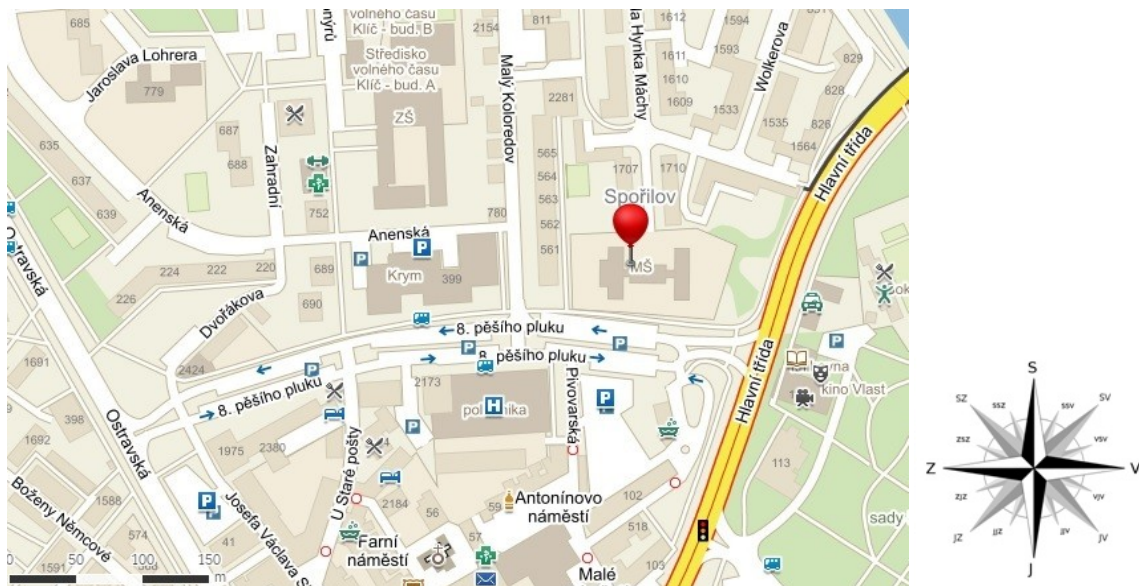


Příloha 7: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Třinec – Oldřichovice (mapy.cz)

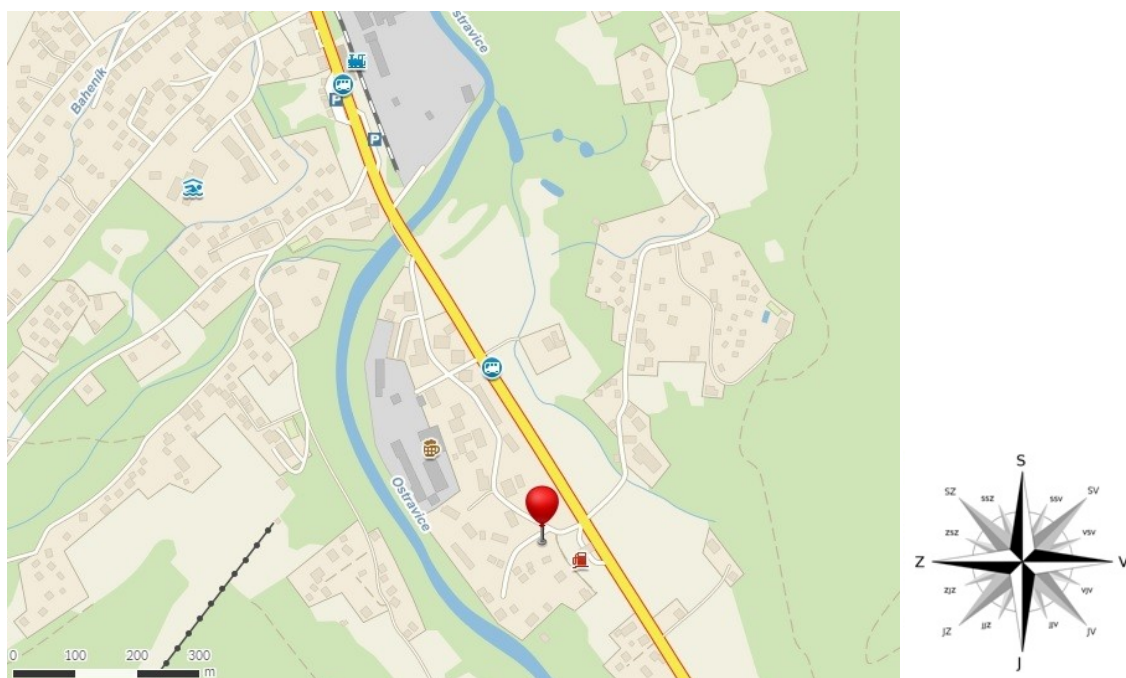


Renata Minaríková: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách Moravskoslezského kraje

Příloha 8: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Frýdek-Místek (mapy.cz)

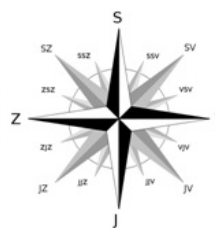
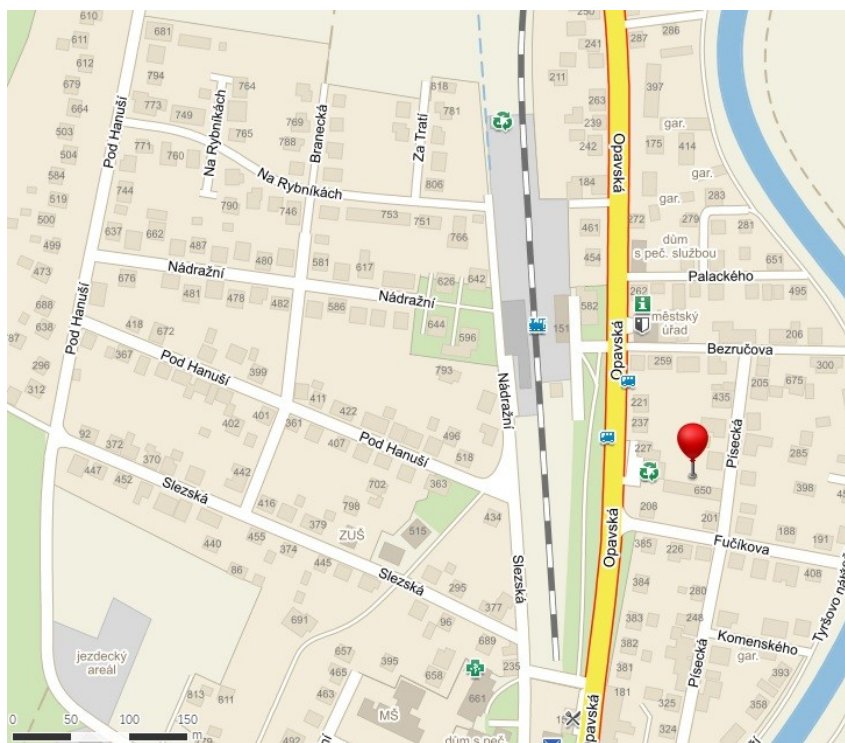


Příloha 9: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Ostravice (mapy.cz)



*Renata Minaríková: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách
Moravskoslezského kraje*

Příloha 10: Část mapy MS kraje a okolí s vyznačeným popisovaným územím: Hradec nad Moravicí
(mapy.cz)



*Renata Minaríková: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách
Moravskoslezského kraje*

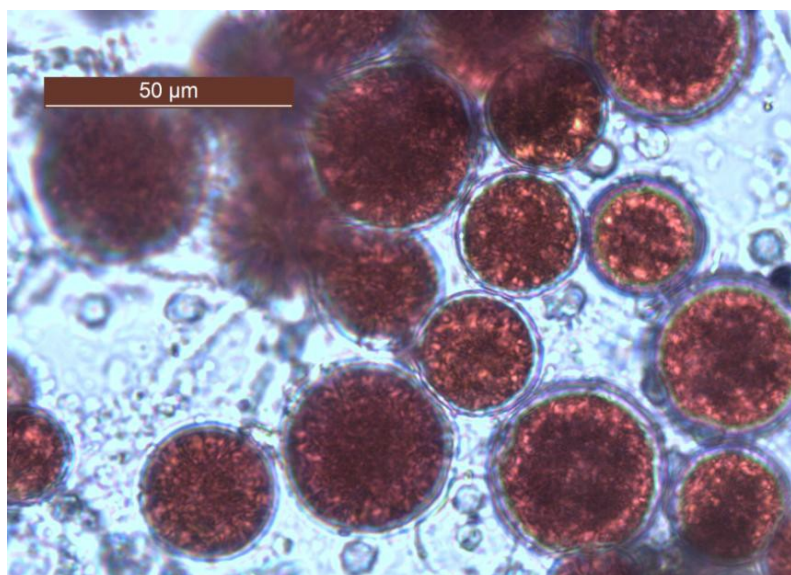
Příloha 11: Výsledky minerálních fází (%)

	Ostrava – Radvanice			Ostrava – Mar.Hory			Ostrava – Poruba		
	zima 2013	léto 2014	zima 2014	zima 2013	léto 2014	zima 2014	zima 2013	léto 2014	zima 2014
Křemen	9,33	14,32	8,31	1,90	19,42	16,78	36,30	60,23	34,45
Sádrovec	25,76	14,11	31,13	17,76	15,80	15,58	12,35	15,51	16,22
Basanit		2,40							2,98
Hematit	33,99	39,56	26,79	11,94	7,27	9,17			
Magnetit	20,33	26,72	17,17	14,45	9,25	2,75			
Maghemit									
Halit	0,93		1,01			3,11	17,11		10,20
Sylvit									
Grafit	1,00		1,29	0,54		3,04			
Boussingaultite	8,13		9,51	0,30			11,21		
Kalcit		2,90	2,16	40,40	48,28	32,31			
Dolomit									
Siderit								1,98	
Ortoklas				1,68				5,27	
Mikroklin							6,80		
Salmiak				3,91					
Spinel				1,22					
C₁₂A₇									
Mayenite				5,89		4,50			
Albit							7,76	15,71	7,56
Kaolinit									4,39
Muskovit							5,92	3,21	6,50
Chlorit IIb							2,46	1,36	
Lecontite									2,67
Magnesit			5,32						13,79
Akermanit									
Chromit						4,08			
Epsomit									2,73
Wustit (FeO)						2,20			
Syngenit									
Hexahydrit						13,02			

*Renata Minaríková: Charakteristika celkové prašné depozice na vybraných lokalitách
Moravskoslezského kraje*

	Hradec nad Moravicí		
	zima 2013	léto 2014	zima 2014
Křemen	46,59	52,9	52,79
Sádrovec	11,67	3,24	9,67
Basanit		13,13	0,79
Hematit			
Magnetit			
Maghemit			
Halit			0,62
Sylvit			
Grafit			
Boussingaultite	7,03		11,68
Kalcit	1,59		5,76
Dolomit			
Siderit			
Ortoklas			
Mikroklin	3,49	10,39	
Salmiak			
Spinel			
C₁₂A₇ Mayenite			
Albit	13,15	15,76	7,75
Kaolinit			
Muskovit	12,39	2,36	7,51
Chlorit IIb	4,09	2,38	2,78
Lecontite			
Magnesit			2,76
Akermanit			
Chromit			
Epsomit			
Wustit (FeO)			
Syngenit			
Hexahydrit			

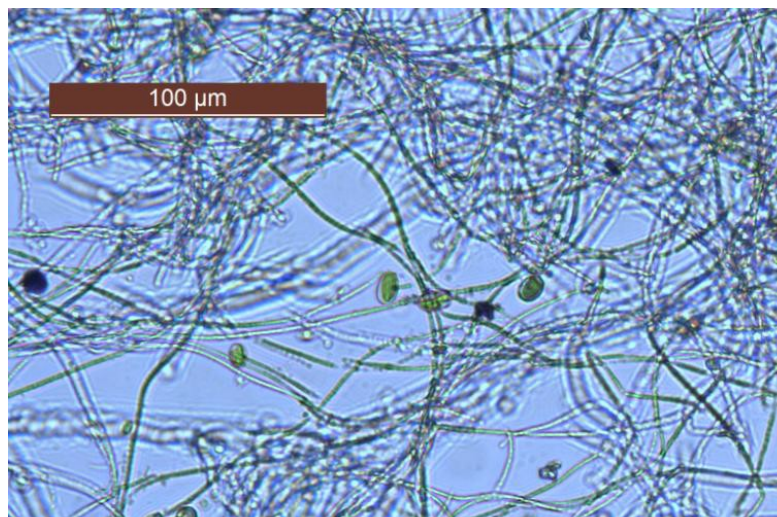
Příloha 12: červeně zbarvené neaktivní stádia *Haematococcus pluvialis* – detail (Vařecha, 2014)



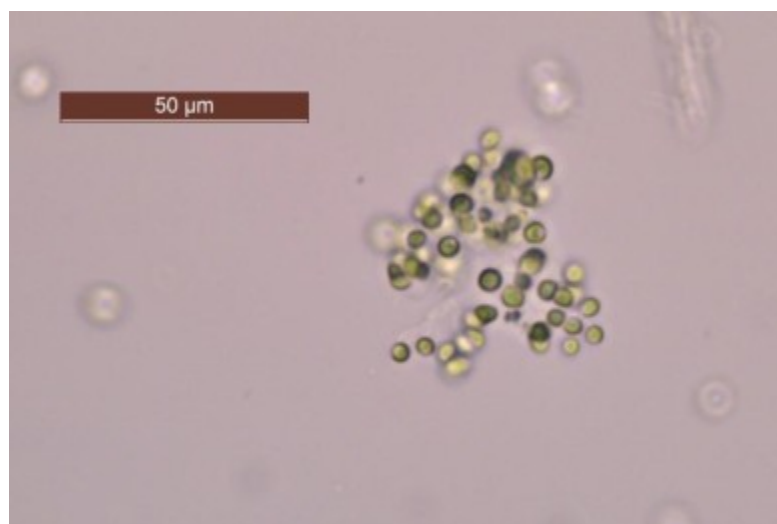
Příloha 13: vířník rodu *Habrotrocha* (Vařecha, 2014)



Příloha 14: drobné zelené kokální řasy mezi vlákny sinic (Vařecha, 2014)



Příloha 15: Dictyosphaerium pulchellum (Vařecha, 2014)



Příloha 16: *Haematococcus pluvialis* ve vrstvě anorganického materiálu, na okraji vlákno sinice
Pseudanabaena (Vařecha, 2014)

